

FEIJÃO-CAUPI



Edy Sousa de Brito
Editor Técnico

brapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

FEIJÃO-CAUPI

Edy Sousa de Brito
Editor Técnico

*Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2008*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na

Embrapa Agroindústria Tropical

Rua Dra. Sara Mesquita 2.270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Caixa Postal 3761
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
Home page: www.cnpat.embrapa.br
E-mail: vendas@cnpat.embrapa.br

Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente: *Francisco Marto Pinto Viana*

Secretário-Executivo: *Marco Aurélio da Rocha Melo*

Membros: *Janice Ribeiro Lima, Andréia Hansen Oster, Antonio
Teixeira Cavalcanti Júnior, José Jaime Vasconcelos
Cavalcanti, Afrânio Arley Teles Montenegro, Ebenézer
de Oliveira Silva*

Supervisor editorial: *Marco Aurélio da Rocha Melo*

Revisor de texto: *José Uiraci Alves*

Normalização bibliográfica: *Ana Fátima Costa Pinto*

Editoração eletrônica: *Arilo Nobre de Oliveira*

1ª edição

1ª impressão (2008): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

CIP - Brasil. Catalogação-na-publicação

Embrapa Agroindústria Tropical

Feijão-caupi / editor técnico Edy Sousa de Brito. –
Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2008.
97 p.: il.

ISBN 978-85-89946-08-7

1. *Vigna unguiculata*. Feijão-caupi - Tecnologia de alimento.
I. Brito, Edy Sousa de, ed.

CDD 635.6592

© Embrapa 2008

Autores

Alda Verônica Souza Livera

Nutricionista, D. Sc., Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, aldalivera@ufpe.br

Angela Aparecida Lemos Furtado

Engenheira química, D. Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas, 29501, CEP 230204-70 Rio de Janeiro, RJ, afurtado@ctaa.embrapa.br

Antonio Calixto Lima

Engenheiro agrônomo, D. Sc. em Tecnologia de Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Dra. Sara Mesquita, 2270, Pici, CEP 60511-110 Fortaleza, CE, calixto@cnpat.embrapa.br

Edy Sousa de Brito

Químico industrial, D. Sc. em Tecnologia de Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, edy@cnpat.embrapa.br

Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo

Engenheira de alimentos, D. Sc. em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, ette@cnpat.embrapa.br

Joaquim de Lira Filho

Nutricionista, D. Sc., Departamento de Nutrição da Universidade Estadual do Ceará, Av. Parajana, 1700, CEP 60740-000, Fortaleza, CE, lira@uece.br

Leonard Sebio

Engenheiro de alimentos, D. Sc., Universidade Estadual de Campinas, s/n, Barão Geraldo, CEP 13083-970 Campinas, SP, leoseb@fea.unicamp.br

Manuella Macedo Barbosa

Graduanda em Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, CEP 60356-000 Fortaleza, CE,
manuella.macedoalimentos@yahoo.com

Margarida Maria dos Anjos Magalhães

Engenheira química, D. Sc., Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP 59072-970 Natal, RN, margarida@eq.ufrn.br

Maria de Fátima Dantas de Medeiros

Engenheira química, D. Sc., Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN,
mariadefatima@eq.ufrn.br

Maria Izabel Gallão

Bióloga, D. Sc., Profa. do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, CEP 60455-970 Fortaleza, CE,
edybel@ufc.br

Nonete Barbosa Guerra

Nutricionista, D. Sc., Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, nguerra@nutricao.ufpe.br

Priscila Ximenes Moreira

Graduanda em Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, CEP 60356-000 Fortaleza, CE, lilaxm_2@yahoo.com.br

Silvana Magalhães Salgado

Nutricionista, D. Sc., Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Nelson Chaves, Cidade Universitária, CEP 50670-901 Recife, PE, silvanasalgado@ufpe.br

Yoon Kil Chang

Engenheiro de alimentos, D. Sc., Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, yokic@fea.unicamp.br

Apresentação

O feijão-de-corda, macassar, vigna ou caupi é de grande importância socioeconômica e cultural, especialmente, para o Nordeste brasileiro. Por isso, muitos estudos têm sido realizados, buscando-se ampliar aspectos ligados à resistência a pragas e doenças, precocidade, produtividade, porte e arquitetura da planta, cor e espessura do tegumento, resposta à cocção, enfim, a todo aquele conjunto de atributos desejáveis, tanto do ponto de vista do processo produtivo, como da qualidade da matéria-prima.

Complementando essa base de conhecimento, o objetivo deste livro foi o de reunir informações que possam ser aplicadas para melhorar o desempenho das atividades relacionadas com o processamento e, conseqüentemente, apresentar novos usos e formas de consumo do feijão-caupi. Aborda questões inerentes à composição, nutrição, meios de conservação em diferentes tipos de embalagens, bem como, processo de extrusão e usos diversificados como farinhas e tortilhas.

Fruto da articulação de vários pesquisadores e instituições (Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Estadual de Campinas, Embrapa Agroindústria Tropical e Embrapa Agroindústria de Alimentos) esta obra reúne, em um único volume, um conjunto de orientações que sinalizam a riqueza da composição e o valor nutricional do caupi, o aporte de processos que garantem a elevação da vida de prateleira e a ampliação de usos. Ao estabelecer as bases para ampliar a demanda, não deixa de ser um tributo aos produtores dessa destacada leguminosa, que os consumidores, certamente, muito irão agradecer.

Lucas Antonio de Sousa Leite

Chefe-Geral da Embrapa Agroindústria Tropical

Prefácio

O caupi é um tema que há muito tempo chama a nossa atenção. Arraigado em nosso hábito alimentar, passa despercebido no dia-a-dia. Comemos o baião-de-dois, o acarajé, um arrumadinho, ou simplesmente caupi cozido, seja verde ou maduro. Sabemos da sua importância nutricional, social e econômica. No entanto, ao procurarmos informações técnicas e científicas de autores brasileiros nos deparamos com um número reduzido de informações. Dessa forma, nossa intenção neste livro é a de agrupar as informações de diversos grupos em uma obra de referência.

Contar com instituições como a Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Estadual do Ceará, Universidade Estadual de Campinas e Embrapa, mostra o quanto essas instituições e seus pesquisadores estão preocupados em estudar tema tão importante.

Devemos agradecer aos autores dos capítulos pela dedicação ao tema e pela paciência no longo processo de elaboração deste livro. Estendemos o agradecimento a todos os familiares que colaboraram de forma direta ou indireta, permitindo que chegássemos a uma obra, que esperamos todos os brasileiros possam usufruir.

O livro foi organizado em sete capítulos que descrevem a composição e diferentes processos. Além de reportar conhecimentos científicos e tecnológicos, foram abordados aspectos práticos do processamento do caupi. Espero que esta obra traga importantes subsídios para o processamento e a utilização do caupi e que possa ajudar produtores, empresários, pesquisadores, professores e estudantes, em seus trabalhos e empreendimentos.

O editor técnico desta publicação assume a responsabilidade por possíveis erros e imperfeições que, porventura, ainda estejam presentes e solicita aos leitores que os tragam ao conhecimento, a fim de que possamos enriquecer e aprimorar as futuras edições.

Edy Sousa de Brito
Editor Técnico

Sumário

CAPÍTULO 1

Estrutura e Composição Química do Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)..... **13**

Introdução.....	13
Estrutura.....	14
Composição Química.....	16
Efeito do Processamento sobre a Composição.....	20
Referências.....	22

CAPÍTULO 2

Aspectos Alimentares..... **25**

Características Nutricionais.....	25
Efeito do Processamento Hidrotérmico, Congelamento e Esterilização Comercial sobre a Qualidade Nutricional e Propriedades Funcionais.....	29
Influência do Melhoramento Genético Convencional sobre os Constituintes Bioativos.....	34
Literatura Recomendada.....	35

CAPÍTULO 3

Produção de Feijão-Caupi em Conserva	39
Introdução	39
Histórico	39
Tratamento térmico	39
Aspectos de qualidade	41
Processamento Térmico do Caupi	42
Recepção	42
Debulhamento	43
Lavagem e seleção	43
Branqueamento e resfriamento	44
Enchimento	45
Exaustão	45
Recravação	46
Esterilização	47
Resfriamento	47
Rotulagem e armazenamento	48
Considerações Finais	49
Referências	49

CAPÍTULO 4

Processamento do Feijão-Caupi Verde	51
Introdução	51
Processamento	53
Produto minimamente processado	53
Produto branqueado/congelado	53
Tipo de conserva	56
Conserva acidificada	58
Referências	60

CAPÍTULO 5

A Tecnologia de Extrusão no Processamento de Leguminosas - Estudo de Caso: Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)..... 61

Introdução.....	61
O Extrusor como Equipamento de Cozimento.....	64
Fenômenos gerais relacionados ao processo da extrusão.....	65
O Processamento Térmico de Leguminosas	68
O processamento do feijão-caupi por extrusão	69
Alterações funcionais das proteínas no processo de extrusão.....	73
Referências.....	74
Literatura Recomendada	77

CAPÍTULO 6

Utilização do Feijão-Caupi para Elaboração de Acarajé/*Akara* 79

Introdução.....	79
Influência das Condições de Processo na Qualidade do <i>Akara</i>	81
Germinação.....	81
Temperatura	82
Moagem.....	82
Mistura com feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	84
Considerações Finais.....	85
Referências.....	85
Literatura Recomendada	86

CAPÍTULO 7

Produtos Obtidos a Partir da Farinha do Caupi 89

Chips, Tortillas e Snacks..... 89

Desaleitamento Infantil..... 91

Outros Produtos..... 94

Conclusão..... 96

Referências..... 97

Estrutura e Composição Química do Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)

Priscila Ximenes Moreira

Manuella Macedo Barbosa

Maria Izabel Gallão

Antonio Calixto Lima

Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo

Edy Sousa de Brito

Introdução

O caupi é uma das principais culturas alimentares do Nordeste. Sua importância tem sido demonstrada pelo IBGE, que aponta um consumo per capita anual de 16 kg (CASTELLÓN et al., 2003). Alguns estudiosos acreditam que a origem do caupi esteja, provavelmente, na África, e que essa leguminosa tenha sido introduzida no Brasil pela Bahia, no período da colonização, espalhando-se pela Região Nordeste, sobretudo no Semi-Árido.

O caupi é a principal fonte de proteína no Leste e Oeste da África. Proporciona mais da metade da proteína vegetal na dieta humana, na maioria das regiões tropicais semi-úmidas. O caupi é rico em proteínas (23% a 30%) e em outros nutrientes essenciais, como vitaminas do complexo B. Pode ser consumido em diferentes formas, vagens verdes e grãos secos. Na forma de massa, é a base de diversos alimentos populares, tais como *moinmoin* e acarajé, que são preparados, respectivamente, com uso de vapor ou por fritura (MBOFUNG et al., 1999).

Geralmente, as leguminosas são colhidas secas, entretanto a colheita pode ser realizada após os grãos terem atingido o teor de sólidos para o qual estão geneticamente programados, no início da maturidade fisiológica. Dessa forma, obtêm-se grãos de coloração verde de apreciável aceitabilidade, devido ao sabor suave e à textura macia (VIEIRA, 1992).

A venda do feijão-de-corda é significativa no mercado de sementes. Também tem destaque no comércio da farinha, usada no acarajé e abará, enlatados e congelados. O universo de consumidores é estimado em 29 milhões de pessoas e está concentrado, sobretudo, nos estados nordestinos.

Na Bahia, onde se consomem mais os feijões mulatinho e carioquinha, o caupi está presente em muitos pratos típicos afro-baianos e no feijão-tropeiro. Emprega-se a farinha feita do feijão-de-macassar na produção industrial de bolos, macarrão, biscoitos, pães, pastéis e doces.

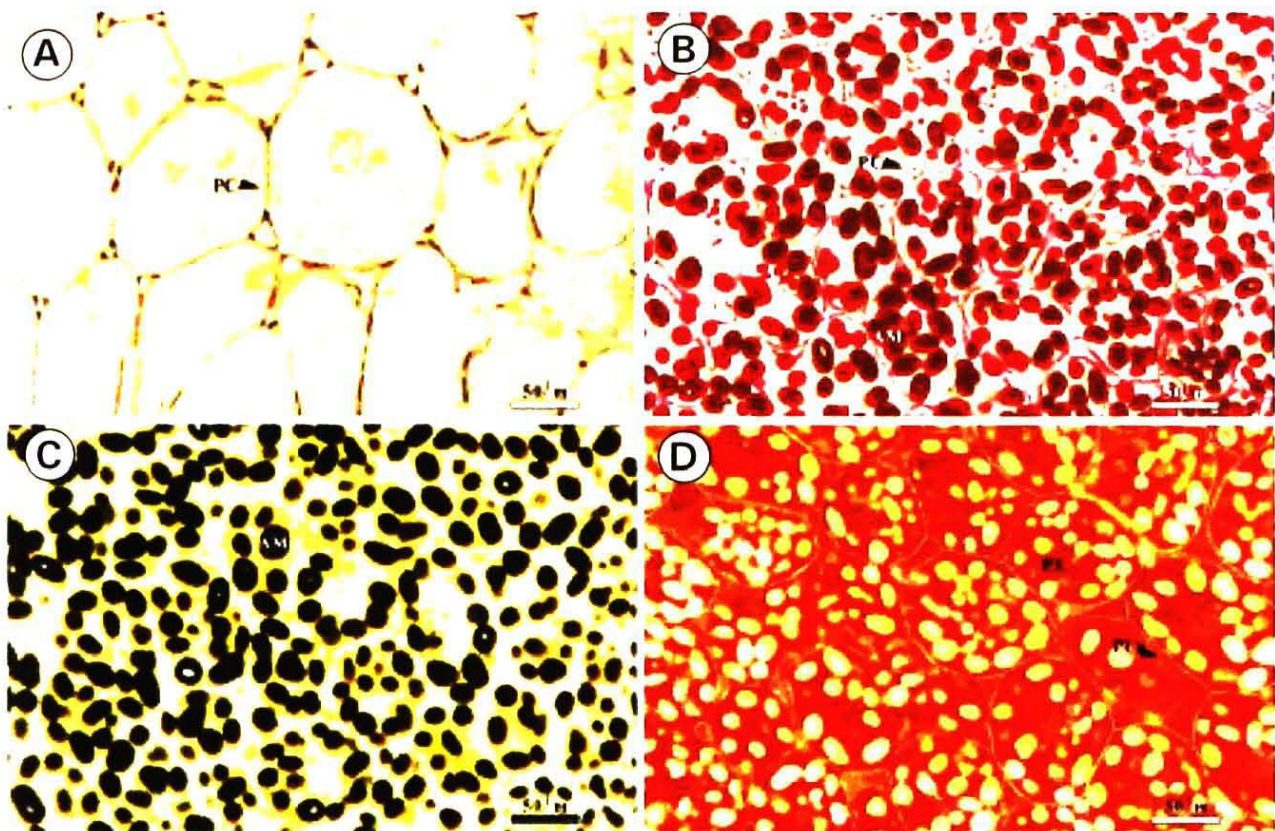
Estrutura

As sementes dessa espécie possuem como material de reserva proteínas e carboidratos, principalmente amido. O amido é uma das mais importantes formas de reserva de carbono nas plantas, no que se refere à quantidade, à universalidade de sua distribuição e à importância comercial. Tanto nos cereais, com seus endospermas amiláceos, quanto em suas raízes e tubérculos, o amido faz parte da alimentação básica humana no mundo, e supre uma grande parcela das rações de muitos animais, o que faz desse carboidrato um importante produto comercial.

A semente de *V. unguiculata* apresenta forma reniforme orbicular, de superfície lisa brilhante. Esta semente é do tipo exalbuminosa, ou seja, o endosperma, logo após a sua formação, é quase ou totalmente consumido pelo embrião em desenvolvimento. Apresenta embrião axial invaginado papilionáceo, com cotilédones dispostos no sentido longitudinal, planos, crassos, de oblongos a elípticos, com base, em geral, assimétrica e auriculada. Beltrati (1992) afirma que as características morfológicas externas dos envoltórios e a anatomia do tegumento externo são de grande utilidade na identificação das sementes, pois variam com a espécie considerada; salienta, ainda, que a identificação das sementes por meio dessas características é muito importante para a análise de sementes na agricultura.

Quanto à morfologia interna, as sementes apresentam tegumento exotestal. Nos cotilédones, observam-se células parenquimáticas com formato arredondado e com poucas lacunas entre si (Fig. 1A). O conteúdo citoplasmático apresenta estruturas globulares (Fig. 1B) identificadas como amido através do lugol. Os glóbulos apresentam-se na forma ovóide (Fig. 1C).

O conteúdo protéico apresenta-se de forma dispersa pelo citoplasma (Fig. 1D).



Autoria: Maria Izabel Gallão, 2006

Fig. 1. Cortes transversais de feijão cru. A) Corte corado com Azul de Toluidina pH 4,0, paredes celulares (PC) identificadas metacromaticamente pelo corante, principalmente nas regiões de intersecções entre as células; B) Corte submetido à reação do PAS (Periodic Acid Schiff) revelando presença de açúcares neutros nas paredes celulares (PC) e presença de estrutura granular no citoplasma das células cotiledonares, amido (AM); C) Corte submetido ao lugol revela a presença de amido (AM) no citoplasma; D) Corte corado com Xylidine Ponceau pH 2,5, este corante identifica a presença de substância protéica (PT) ao redor dos grãos de amido.

Durante o cozimento, o amido sofre processo de gelatinização provocado pela presença de água e da temperatura elevada. O resultado é a perda da adesividade entre as células vizinhas (Fig. 2A). Observa-se, então, diminuição da intensidade de coloração com o Azul de Toluidina nas paredes celulares. A forma globular dos grãos de amido não é mais observada (Fig. 2B e 2C), mas a presença do material protéico ao redor do amido é mantida (Fig. 2D).

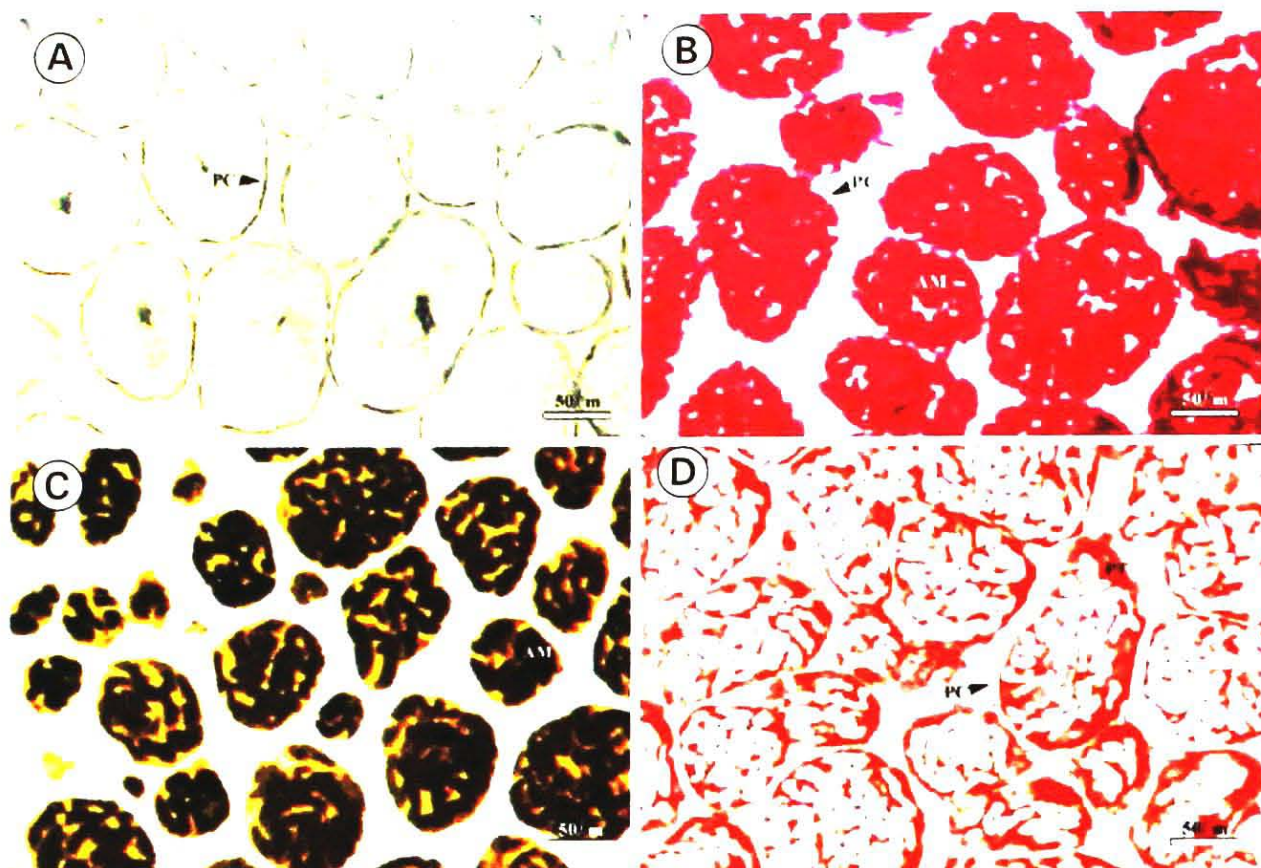


Fig. 2. Cortes transversais de feijão cozido. A) Corte corado com Azul de Toluidina pH 4,0, paredes celulares (PC) coradas em azul, perda da adesividade entre as células; B) corte submetido à reação do PAS (Periodic Acid Schiff) revelando presença de açúcares neutros nas paredes celulares (PC), reagindo fracamente ao PAS, presença de estrutura não-granular no citoplasma das células cotiledonares, amido (AM); C) corte submetido ao lugol revela a presença de amido (AM) no citoplasma, mas com a perda das características granulares; D) corte corado com Xylidine Ponceau pH 2,5, que identifica a presença de substância protéica (PT) ao redor dos grãos de amido.

Composição Química

Legumes amiláceos, incluindo o caupi, são consumidos desde as mais remotas práticas da agricultura e apresentam empregos medicinais, culturais e nutricionais (PHILLIPS e MCWATTERS, 1991). São importantes componentes da dieta de países em desenvolvimento da África, América Latina e Ásia, onde são especialmente valiosos como fontes de proteína para complementar cereais, raízes amiláceas e tubérculos.

O caupi, com uma média de 25% de proteína (Tabela 1), possui um perfil de aminoácidos típico das leguminosas, ricas em lisina e com baixas

concentrações de aminoácidos sulfurados. Proteínas de cereais são deficientes em certos aminoácidos essenciais, particularmente lisina (AMJAD et al., 2003). Por outro lado, tem sido reportado que legumes contêm adequadas quantidades de lisina, mas são deficientes em aminoácidos contendo enxofre (metionina, cistina e cisteína) (FARZANA e KHALIL, 1999).

Tabela 1. Composição centesimal de importantes grãos de leguminosas.

Nutrientes (g/100 g)	Grão-de-bico	Caupi	Lentilha	Ervilha
Umidade	7,3 ^b	9,4 ^a	9,3 ^a	7,8 ^b
Proteína bruta	24,0 ^b	24,7 ^b	26,1 ^a	24,9 ^{ab}
Gordura	5,2 ^a	4,8 ^a	3,2 ^b	1,5 ^c
Cinzas	3,6 ^b	4,2 ^a	2,8 ^c	3,6 ^b

Valores seguidos de letras iguais na mesma linha não diferem entre si. ($P < 0,05$).

Fonte: Farzana e Khalil (1999).

De acordo com McWatters et al. (2003), o caupi é uma leguminosa rica em amido e proteína, de cujas sementes facilmente se obtém farinha que pode ser misturada com farinha de trigo. Além de ser uma boa fonte de vitaminas do complexo B, o grão de caupi contém substancial quantidade de lisina e, quando misturado com cereais, produz misturas com boa complementação de aminoácidos, além de melhorar a qualidade nutricional da farinha (ARAÚJO et al., 2002). Na Tabela 2, compara-se a composição de aminoácidos do caupi com algumas leguminosas.

No entanto, existem algumas limitações ao consumo do caupi. Além do sabor de feijão e do longo tempo para cozimento, a presença de fatores antinutricionais, tais como taninos e o ácido fítico, tem sido identificada como um dos principais fatores limitantes ao consumo do grão cru de caupi como alimento humano, já que comprometem a qualidade nutricional da proteína. O consumo de proteínas de legumes tem mostrado reduzir as lipoproteínas de baixa densidade no plasma. Amido de leguminosas é mais lentamente digerido que amido de cereais e tubérculos e produz mudanças menos abruptas na glicemia. Os legumes são, também, valiosas fontes de fibra dietética bem como de minerais, vitaminas, folato, tiamina e riboflavina. Entre os compostos antinutricionais, destacam-se ainda os oligossacarídeos

indigeríveis (rafinose, estaquiose e verbascose). Esses açúcares não são utilizados pelos animais monogástricos, incluindo humanos, que não apresentam uma enzima específica (α -galactosidase) necessária para digeri-los. Phillips e Abbey (1989) analisaram 16 amostras de sementes maduras e secas de oito espécies de legumes e determinaram o conteúdo de carboidratos e amido, a digestibilidade do amido e a produção de flatulência em ratos.

Tabela 2. Composição de aminoácidos de importantes grãos de leguminosas.

Aminoácidos	Teores percentuais (base proteína total)			
	Grão-de-bico	Caupi	Lentilha	Ervilha
Arginina	8,3	7,5	7,8	7,2
Histidina	3,0	3,1	2,2	2,4
Isoleucina	4,8	4,5	4,1	4,5
Leucina	8,7	7,7	7,8	7,4
Lisina	7,2	7,5	7,0	8,1
Metionina	1,1	2,2	0,8	1,1
Fenilalanina	5,5	7,5	5,0	5,2
Treonina	3,1	3,8	3,5	3,8
Triptofano	0,9	0,7	0,7	0,8
Valina	4,6	5,0	5,0	5,0
Alanina	4,97	4,2	4,2	5,2
Ácido aspártico	11,0	10,8	11,8	11,0
Cistina	0,6	0,5	0,9	1,8
Ácido glutâmico	17,3	17,2	21,5	17,5
Glicina	3,7	3,8	3,6	4,5
Prolina	3,8	4,0	3,5	3,8
Serina	3,7	4,5	5,2	5,1
Tirosina	2,8	3,0	3,2	3,7

Fonte: Amjad et al. (2005).

Um significativo modelo de regressão, relacionando o conteúdo de açúcares e amido indigeríveis, foi obtido com estaquiose, respondendo por 37% e amidos indigeríveis por 19% da contribuição para o R^2 (0,84). Surpreendentemente, a rafinose não contribuiu para o modelo.

Verifica-se que a composição química e as propriedades nutricionais do caupi variam consideravelmente de acordo com a cultivar (LONGE, 1983;

AKINYELE et al., 1986). Para a efetiva utilização de novas cultivares de caupi na alimentação humana, a remoção ou redução de fatores antinutricionais e a avaliação de suas propriedades nutricionais são necessárias. Tratamento com calor melhora o valor nutricional de legumes, grãos de oleaginosas e de outras sementes, por diminuir os níveis dos fatores antinutricionais e aumentar a digestibilidade das proteínas (KADAM et al., 1987; GIAMI e WACHUKWU, 1997; GIAMI et al., 2001; GIAMI, 2002).

O uso de caupi em pão é limitado devido à falta de glúten e, também, por conter compostos antinutricionais e oligossacarídeos não digeríveis, mas estes podem ser removidos por métodos de processamento apropriados, como o de extrusão, que destrói os fatores antinutricionais do caupi e inativa a enzima lipoxigenase, responsável pelo desenvolvimento do sabor de feijão, superando, dessa forma, a sua limitação para o consumo (FU et al., 1996).

Com relação aos minerais, das três leguminosas analisadas na Tabela 3, o caupi apresentou a mais alta concentração de potássio, magnésio e fósforo.

Tabela 3. Composição mineral de importantes grãos de leguminosas.

Minerais	Teores (mg/100 g)			
	Grão-de-bico	Caupi	Lentilha	Ervilha
Sódio	101 ^b	102 ^{ab}	79 ^c	111 ^a
Potássio	1155 ^b	1280 ^a	874 ^d	1021 ^c
Fósforo	251 ^b	303 ^a	294 ^a	283 ^a
Cálcio	197 ^a	176 ^b	120 ^c	110 ^c
Ferro	3,0 ^a	2,6a ^b	3,1 ^a	2,3 ^b
Cobre	11,6 ^a	9,7 ^b	9,9b	10,0 ^b
Zinco	6,8 ^a	5,1 ^a	4,4 ^a	3,2 ^a
Manganês	1,9 ^a	1,7 ^a	1,6 ^a	2,2 ^a
Magnésio	4,6 ^{ab}	4,8 ^a	4,5b	4,2 ^c
Relação Na:K	0,09	0,0 ⁸	0,09	0,10
Relação Ca:P	0,78	0,59	0,41	0,39

Valores seguidos de letras iguais na mesma linha não diferem entre si ($P < 0,05$).

Fonte: Iqbal et al. (2005).

Esses resultados revelaram que leguminosas podem fornecer suficientes quantidades de minerais para o consumo humano, atendendo à dose diária recomendada (RDA, *Recommended Daily Allowance*). Entretanto, excesso de alguns minerais (e.g., K) pode funcionar como antagonista na absorção e na utilização de outros minerais. Por essa razão, a relação dos constituintes minerais é importante para uma boa nutrição.

Verifica-se, ainda, que a composição de ácidos graxos do caupi oscila com a variedade estudada. Comparando-se apenas o teor do ácido graxo essencial linoléico nas farinhas das diferentes variedades apresentadas na Tabela 4, observam-se consideráveis diferenças, principalmente na farinha da semente da cultivar Vita 7, comparado aos valores determinados para as demais cultivares, em especial a cultivar Br-17, cujo teor do ácido linoléico é cerca de 1/3 do valor encontrado para Vita-7 (CASTELLÓN et al., 2003).

Tabela 4. Porcentagem por cultivar de ácidos graxos em sementes de seis cultivares de caupi.

Parâmetro			Porcentagem					
Éster metílico	Ácido graxo	Tipo	Br-14	Br-9	Br-17	CE-315	Vita 7	CNC-0434
Hexadecanoato	Palmitico	(C16:0)	49,2	48,3	58,2	52,0	41,5	47,31
9,12 Octadecadienoato	Linoléico	(C18:2)	11,5	7,5	6,4	12,6	21,8	12,83
9-Octadecanoato	Oléico	(C18:1)	13,1	13,2	9,7	13,3	12,5	9,87
Octadecanoato	Estearico	(C18:0)	11,9	11,1	11,1	11,2	10,0	12,51
Eicosanoato	Eicosanóico	(C20:0)	4,1	3,6	4,4	4,0	3,1	5,38
Docosanoato	Docosanóico	(C22:0)	6,0	7,7	6,9	6,9	6,2	9,09
Pentacosanoato	Pentacosanóico	(C25:0)	4,5	3,7	3,7	-	2,7	3,02
Não identificado	-	-	-	5,0	3	-	2,3	-

Fonte: Castellón et al. (2005).

Efeito do Processamento sobre a Composição

A aceitabilidade de um alimento depende não apenas de sua qualidade nutricional, mas, também, de suas características de cozimento, de hidratação e da sua qualidade sensorial (CAZETTA et al., 1995). No processo de

esterilização comercial do grão, além de se esterilizar o produto e eliminar os fatores antinutricionais, deve-se manter a aparência e o sabor, e adequar a textura à preferência de consumidor (GERMER et al., 1995).

Lima et al. (2003) estudaram as características físicas e químicas do feijão-verde após o processamento para a obtenção de conserva e observaram poucas alterações após o tratamento térmico aplicado; a cor verde manteve-se, e houve um decréscimo de 7% no teor de proteínas.

Diversos pesquisadores têm examinado e se reportado sobre a qualidade nutricional do caupi e sobre a influência de diferentes métodos de processamento. A decorticação (remoção da película da semente) produziu um efeito significativo positivo, provavelmente devido à presença de taninos na película da semente (0,6% na semente inteira contra menos de 0,1% na semente decorticada). O calor por ar seco, que resulta em pouca absorção de água pela semente, teve pouco efeito sobre a qualidade nutricional do caupi. Em estudo subsequente, o cozimento seguido da secagem e obtenção de farinha de caupi decorticado não aumentaram significativamente a qualidade nutricional. Porém, tanto a fritura da massa de acarajé como sua extrusão, sob diversas condições, melhoraram significativamente a sua qualidade.

Um dos mais importantes fatores antinutricionais em leguminosas é o inibidor de tripsina. Phillips e Adams (1983) elucidaram o efeito da umidade e da temperatura sobre a destruição do inibidor de tripsina (TI), e sobre a digestibilidade in vitro da proteína (IVD) e a solubilidade do nitrogênio (NS) no caupi. A destruição do TI e a perda de NS seguiram a cinética de primeira ordem. A temperaturas acima de 100 °C e conteúdo de umidade de 20%, a destruição do TI no caupi foi muito rápida, enquanto a digestibilidade da proteína aumentou rapidamente até um máximo, então decresceu.

Como o principal objetivo da germinação é reduzir o potencial de flatulência de caupi, Nnanna e Phillips (1990) examinaram o efeito da germinação e decorticação sobre a digestibilidade do amido e da proteína de caupi cozido e sobre a produção de flatulência em ratos. A germinação a 30 °C por 24h reduziu a produção de flatulência de 2,8 mL.g⁻¹ para 0,64 mL.g⁻¹ de caupi consumido, comparado a 0,15 mL.g⁻¹ na dieta de manutenção livre de caupi. A germinação também aumentou significativamente a digestibilidade da proteína e do amido in vivo, passando de 82% para 86% e de 96,6% para 98%, respectivamente. De sementes germinadas, foram obtidas farinha e

massa de caupi e acarajé. O perfil de solubilidade da farinha obtida de caupi germinado foi similar ao controle não germinado, para a maioria das faixas de variação de pH, exceto para a região alcalina, na qual a solubilidade foi de 92% a 99% para germinado, contra 82% para não-germinado. Eletroforese em gel de poliacrilamida dissociante (SDS-PAGE) revelou mudanças nas subunidades de proteína, que sugerem um significativo nível de proteólise ocorrido durante a germinação, especialmente a altas temperaturas.

Tuan e Phillips (1991, 1992) estocaram caupi da variedade California Blackeye a 85% de umidade relativa e 37 °C por seis semanas. As sementes foram subsequenteiramente processadas de várias formas e a eficiência relativa da utilização de proteína (nitrogênio), bem como a digestibilidade do amido e da proteína, foram determinadas. Um teste acelerado de estocagem mostrou redução da qualidade nutricional da proteína do caupi na maioria dos métodos de processamento empregados, especialmente a extrusão. A qualidade do amido não foi muito afetada. Esses resultados foram contraditórios, uma vez que se tem hipotetizado que a extrusão poderia permitir a utilização de caupi de difícil cozimento (*Hard-to-cook* – HTC).

De maneira geral, observa-se o grande potencial nutricional que o caupi representa. Ressalta-se, também, a possibilidade do uso do caupi na formulação de diferentes produtos. Do ponto de vista tecnológico, ainda há muito para ser desenvolvido, o que representa um desafio e uma oportunidade para os pesquisadores.

Referências

- AKINYELE, I. O., ONIGBINDE, A. C., HUSSAIN, M. A., OMOLOLU, A. Physicochemical characteristics of 18 cultivars of Nigerian cowpeas (*Vigna Unguiculata*) and their cooking properties. **Journal of Food Science**, v. 51, p. 1483-1485, 1986.
- AMJAD, I., KHALIL, I. A., SHAH, H. Nutritional yield and amino acid profile of rice protein as influenced by nitrogen fertilizer, Sarhad. **Journal of Agriculture**, v. 19, p. 127-134, 2003.
- ARAÚJO, A. H.; CARDOSO, P. C. B.; PEREIRA, R. A.; LIMA, L. M.; OLIVEIRA, A. S.; MIRANDA, M. R. A.; XAVIER FILHO, J.; SALES, M. P. In vitro digestibility of cowpea (*Vigna unguiculata*) and xerophitic algaroba (*Prosopis juliflora*) seeds by mammalian digestive proteinases: a comparative study. **Food Chemistry**, v. 78, p. 143-147, 2002.
- BELTRATI, C. M. **Morfologia e anatomia de sementes**. Rio Claro: UNESP, 1992. 108 p.

CASTELLÓN, R. E. R.; ARAÚJO, F. M. M. C.; RAMOS, M. V.; NETO, M. A.; FILHO, F. R.; GRANGEIRO, T.B.; CAVADA, B. S. Composição elementar e caracterização da fração lipídica de seis cultivares de caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.149-153, 2003.

CAZETTA, J. O.; KASENIRO, M. A. B.; FALEIRO, R. R. S.; DURIGAN, J. F. Comparação de aspectos químicos e tecnológicos de grãos verdes e maduros de guandu com os de feijão-comum e ervilha. **Alimentos e Nutrição**, v. 6, p. 39-53, 1995.

FARZANA, W.; KHALIL, I. A. Protein quality of tropical food legumes. **Journal of Science and Technology**, v. 23, p. 13-19, 1999.

FU, B.; NELSON, P. E.; IRVINE, R.; KANACH, L. L. Processing of nutritious, safe and acceptable foods from CELSS candidate crops. **Advance Space Research**, v. 18, p. 241-250, 1996.

GERMER, S. P. M.; MOURA, S. C. S. R.; LEITÃO, M. F. F.; JUNQUEIRA, V. C. A.; TEIXEIRA NETO, R. O.; GONÇALVES, J. R.; JARDIM, D. C. P.; VITAL, A. A. **Princípios de esterilização de alimentos**. 2.ed. Campinas: ITAL, 1995. 123 p.

GIAMI, S. Y. Chemical composition and nutritional attributes of selected newly developed lines of soybean (*Glycine max* L Merr.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 1735-1739, 2002.

GIAMI, S. Y.; AKUSU, M. O.; EMELIKE, J. N. Evaluation of selected food attributes of four advanced lines of ungerminated and germinated Nigerian cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 56, p. 61-73, 2001.

GIAMI, S. Y.; WACHUKU, O. C. Composition and functional properties of unprocessed and locally processed seeds from three underutilized food sources in Nigeria. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 50, p. 27-36, 1997.

IQBALA A.; KHALIL, I. A.; ATEEQ, N.; KHAN, M. S. Nutritional quality of important food legumes. **Food Chemistry**, v. 97, p. 331-335, 2006.

KADAM, S. S.; SMITHARD, R. R.; EYRE, M. D.; ARMSTRONG, D. G. Effects of heat treatments on antinutritional factors and quality of proteins in winged bean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 39, p. 267- 275, 1987.

LIMA, E. D. P. A.; JERÔNIMO, E. S.; LIMA, C. A. A.; GONDIM, P. J. S.; ALDRIGUE, M. L.; CAVALCANTE, L. F. Características físicas e químicas de grãos verdes de linhagens e cultivares de feijão caupi para processamento tipo conserva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p.129-134, 2003.

LONGE, O. G. Varietal differences in chemical characteristics related to cooking quality of cowpea. **Journal of Food Processing and preservation**, v. 7, p. 143-150, 1983.

MBOFUNG, C. M. F.; RIGBY, N.; WALDRON, K. W. Nutricional and sensory evaluation of akara made from blends of cowpea and hard-to-cook mottled brown dry beans. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 47, p. 5232-5238, 1999.

McWATTERS, K. H.; MANJEET S.; CHINNAN, M. S.; HUNG, Y. Utilization of cowpeas human food. **Field crops research**, v. 82, p. 193-213, 2003.

NNANNA, I. A.; PHILLIPS, R. D. Protein and starch digestibility and flatulence potential of germinated cowpeas. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 151-153, 1990.

PHILLIPS, R. D.; ABBEY, B. W. Composition and flatulence-producing potential of commonly eaten Nigerian and American legumes. **Food Chemistry**, v. 33, p. 271-280, 1989.

PHILLIPS, R. D.; ADAMS, J. G. Nutritional and physiological response of rats to diets containing whole. **Nutrition Reports International**, v. 27, p. 949-958, 1983.

PHILLIPS, R. D.; MCWATTERS, K. H. Contribution of cowpeas to nutrition and health. **Food Technology**, v. 45, p. 127-130, 1991.

TUAN, Y. -H.; PHILLIPS, R.D. Effect of the hard-to-cook defect and processing on protein and starch digestibility of cowpeas. **Cereal Chemistry**, v. 68, p. 413-418, 1991.

TUAN, Y. -H.; PHILLIPS, R.D. Nutritional quality of hard-to-cook and processed cowpea. **Journal of Food Science**, v. 57, p. 1371-1374, 1992.

VIEIRA, C. Leguminosas de grãos: importância na agricultura e na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, v. 16, p. 5-11, 1992.

CAPÍTULO 2 Aspectos Alimentares

Silvana Magalhães Salgado
Alda Verônica Souza Livera
Nonete Barbosa Guerra

Características Nutricionais

No Agreste e no Sertão Nordestino, o feijão-caupi se destaca entre as leguminosas tradicionalmente mais consumidas, na forma madura ou seca (quiescente) e verde (imatura), constituindo-se, em termos quantitativos, numa fonte de proteína para dieta (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química do feijão-caupi verde e maduro in natura.

Constituintes ensaiados	Feijão-caupi verde (g/100g)	Feijão-caupi maduro (g/100g)
Umidade	66,35 ± 0,80	11,08 ± 0,98
Proteínas	9,65 ± 0,09	22,13 ± 0,80
Lipídios	0,83 ± 0,00	1,87 ± 0,00
Cinzas	1,63 ± 0,10	3,56 ± 0,35
Carboidratos totais	21,54 ± 1,02	61,36 ± 0,90
Fibra alimentar total	7,54 ± 0,70	18,00 ± 0,36
Fibra solúvel	1,85 ± 0,50	1,61 ± 0,30
Fibra insolúvel	5,69 ± 0,04	16,37 ± 0,08
Amido total	7,62 ± 0,80	41,36 ± 0,60
Amido resistente (2)	1,85 ± 0,07	12,07 ± 0,85
Amilose	1,95 ± 0,03	14,62 ± 0,01
Amilopectina	4,72 ± 0,00	25,35 ± 0,00
Açúcares totais	6,38 ± 0,60	2,00 ± 0,05
Valor calórico total (kcal)	102,07 ± 2,20	278,79 ± 2,75

Fonte: Salgado et al. (2005).

Do ponto de vista qualitativo, entretanto, a fração protéica do feijão-caupi, assim como a de outras leguminosas, apresenta baixo valor biológico, por ser deficiente em aminoácidos essenciais sulfurados, metionina e cisteína (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de aminoácidos do feijão-caupi in natura procedente de Pernambuco.

Aminoácidos	g/100g de proteína
Ácido aspártico	2,95
Ácido glutâmico	4,32
Alanina	1,03
Arginina	1,33
Cisteína	0,01
Fenilalanina ⁽¹⁾	1,37
Glicina	0,94
Histidina ⁽¹⁾	0,76
Isoleucina ⁽¹⁾	1,02
Leucina ⁽¹⁾	1,94
Lisina ⁽¹⁾	1,75
Metionina ⁽¹⁾	0,26
Prolina	1,08
Serina	0,75
Tirosina	0,70
Treonina ⁽¹⁾	0,76
Valina ⁽¹⁾	1,14

Nota: ⁽¹⁾aminoácidos essenciais.

Fonte: Guerra et al. (1973).

Baseados em inquéritos alimentares realizados no Agreste e no Sertão de Pernambuco, revelando que o feijão-caupi é geralmente consumido associado à farinha de mandioca, arroz ou milho, no início da década de 70, foram desenvolvidas diversas pesquisas, pelo então Instituto de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), para avaliar o valor biológico das proteínas desse feijão associado aos referidos alimentos.

Ensaio biológicos, tendo em vista determinar o quociente de eficiência protéica (PER), que avalia o ganho de peso do animal por grama de proteína ingerida, foram conduzidos em ratos da linhagem Wistar. Os resultados obtidos demonstraram que o PER das combinações (feijão-caupi + mandioca) é significativamente inferior ao da caseína (proteína de alto valor biológico),

independentemente do estágio de maturação do grão, não sendo, portanto, nutricionalmente adequadas.

Em contraposição, ensaios do caupi com milho e com arroz apresentaram um PER similar ao da caseína, demonstrando que a combinação arroz com feijão, comum à dieta do brasileiro, apresenta uma eficiência protéica superior aos seus integrantes isolados, devido a um melhor balanço aminoacídico.

Combinações com outros alimentos disponíveis na região, como a farinha de castanha de caju, também foram testadas com resultados satisfatórios, evidenciando a importância do consumo do feijão-caupi associado a outros vegetais, como forma de minimizar sua deficiência de aminoácidos, principalmente da metionina, propiciando um aumento do valor biológico de suas proteínas.

No que diz respeito aos lipídios, o percentual apresentado pelo caupi maduro é similar ao teor médio (1,5 g/100 g) determinado por outros pesquisadores em diferentes cultivares. No que concerne aos ácidos graxos, predomina o palmítico, em torno de 50%, seguido dos ácidos esteárico, oléico e linoléico. A presença do último é importante para alimentação humana, por ser nutriente essencial.

Quanto aos carboidratos, componentes majoritários dos feijões, diferenças quantitativas e qualitativas também são observadas em relação ao estágio de maturação. Enquanto no grão verde ocorre uma maior relação açúcares/amido (0,83), no grão maduro há uma redução para 0,048 (Tabela 1). Essas diferenças são associadas à finalização da gênese do amido que ocorre durante o amadurecimento do grão.

Variações quantitativas e qualitativas também foram encontradas para a fibra alimentar e constituintes do amido. É importante ressaltar que a fração solúvel do grão verde representa 24,5% da fibra alimentar total, característica essa que permite recomendá-lo para compor a dieta de indivíduos portadores de diabetes melitus.

Para os glicanos presentes no grânulo de amido, a relação amilose/amilopectina constitui uma característica relevante no processo digestivo, devido à facilidade apresentada pela amilose de originar um polímero resistente à digestão, denominado amido resistente.

Considerando suas distintas formas de digestão e absorção, o amido foi classificado nutricionalmente como: amido rapidamente digerido (amiláceos recentemente cozidos), amido lentamente digerido (cereais crus) e amido resistente, sendo este último classificado em três categorias: tipo 1 - amido fisicamente inacessível presente em grãos parcialmente moídos; amido resistente tipo 2 - grânulos de amido nativo presente em vegetais crus e verdes; e amido resistente tipo 3 - amido retrogradado produzido durante ciclos de cozimento-resfriamento e estocagem, ou seja, o amido após ter sido gelatinizado e resfriado passa por um processo de recristalização.

Com relação ao caupi, verifica-se que do amido total, o grão verde apresenta 24,276 g/100 g e o maduro 29,18 g/100 g de amido resistente, ambos do tipo 2 (Tabela 1).

Outro aspecto que envolve a resistência do amido é a cristalinidade. Os cereais, em geral, apresentam um padrão de cristalinidade tipo A, termodinamicamente mais estáveis e mais compactos; o tipo B encontra-se, geralmente, presente em vegetais verdes, crus ou em amidos retrogradados, enquanto as sementes e leguminosas apresentam padrão tipo C, e com frequência são resistentes à ação enzimática.

Avaliando o padrão de cristalinidade, constatou-se que o estágio de maturação influencia esse parâmetro. Enquanto o amido do grão verde apresenta padrão C, característico das leguminosas, o do grão maduro é do tipo A (Fig. 1).

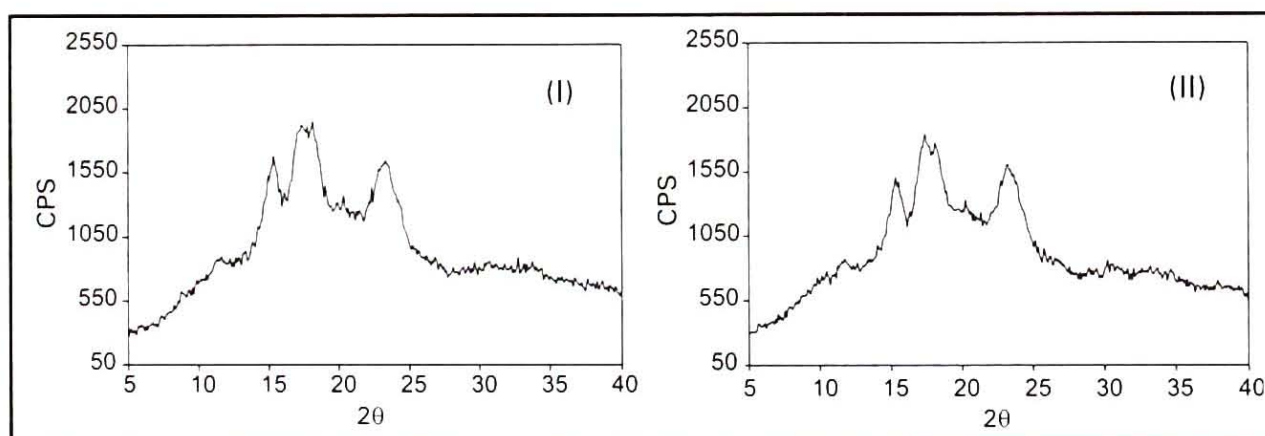


Fig. 1. Difractograma de raios-X: amido de feijão-caupi verde, padrão C (I) e amido de feijão-caupi maduro, padrão A (II).

Fonte: Salgado et al. (2005).

Quanto à morfologia, os grânulos de amido nativo podem ser reconhecidos por seus formatos e tamanhos, pela posição do hilo e por meio da temperatura de gelatinização, independentemente do estágio de maturação, conforme a Fig. 2.

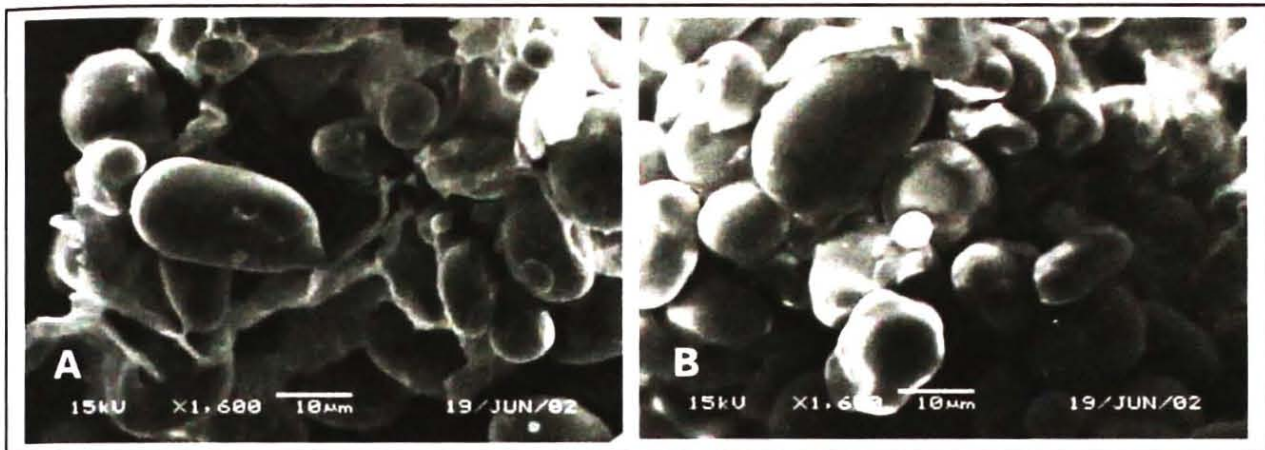


Fig. 2. Micrografia eletrônica: grânulo do amido do feijão-caupi maduro (A) e amido do feijão-caupi verde (B).

Fonte: Salgado et al. (2005).

Efeito do Processamento Hidrotérmico, Congelamento e Esterilização Comercial sobre a Qualidade Nutricional e Propriedades Funcionais

As transformações que vêm ocorrendo, há décadas, na estrutura social requerem a adoção de métodos racionais de alimentação, por meio do uso de alimentos prontos ou semiprontos para o consumo. Esse fato, associado à perecibilidade do feijão-caupi verde, em razão da sua elevada umidade, despertou o interesse em prolongar sua vida útil.

Nesse contexto, no final da década de 80, esse tema despertou o interesse do Sr. Luís Gonzaga, o Rei do Baião, que financiou pesquisa realizada no Laboratório de Experimentação e Análises de Alimentos (LEAAL), Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, tendo em vista enlatar o feijão-caupi verde, objetivo que foi viabilizado pelo Professor Carlos Pires de Freitas, por meio da utilização do método cujo fluxograma está apresentado na Fig. 3.

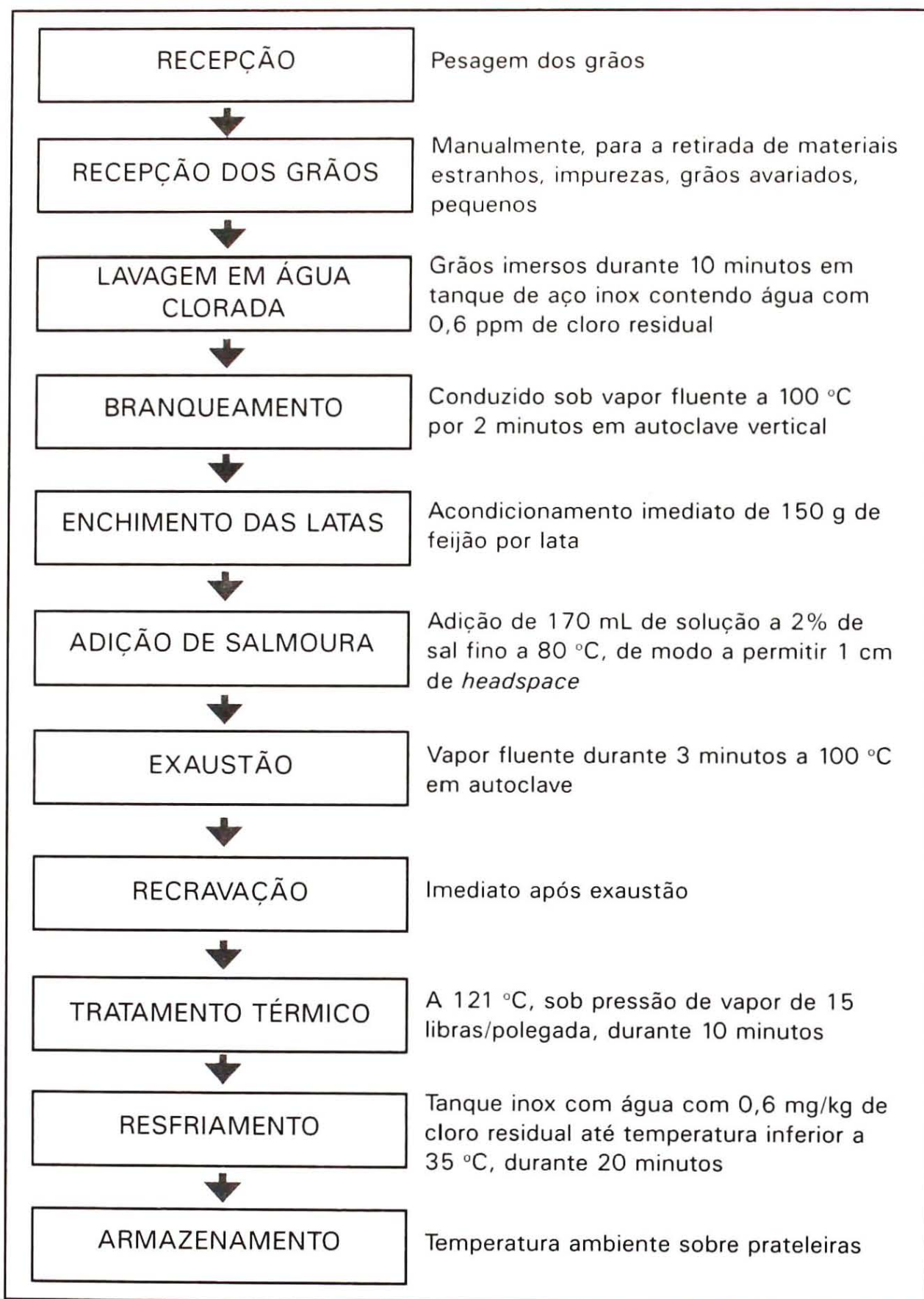


Fig. 3. Fluxograma do processo de enlatamento do feijão-caupi verde.

Fonte: Lira et al. (1992).

A aplicação de calor, embora resulte na redução de alguns nutrientes, torna-se indispensável e benéfica, pois aumenta a utilização biológica das proteínas pela inativação de diversos fatores antinutricionais e tóxicos, além de contribuir para melhorar as propriedades sensoriais. Nesse sentido, ocorreu a retomada do tema, na década de 90, para avaliar os efeitos da esterilização comercial e do armazenamento sobre as propriedades sensoriais e nutricionais, incluindo a disponibilidade dos aminoácidos metionina e lisina e o quociente de eficiência líquida da proteína (NPR) do feijão-caupi verde, cujos resultados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Valor biológico do feijão caupi verde esterilizado comercialmente.

Tratamento dos feijões	NPR	CEA (%)	Metionina ⁽¹⁾	Lisina ⁽¹⁾
Cozido (Controle)	2,96 ± 0,14	0,18 ± 0,01	1,16 ± 0,01	7,6 ± 0,20
Enlatado (0 dia)	3,19 ± 0,28	0,20 ± 0,01	1,16 ± 0,01	8,0 ± 0,15
Enlatado (30 dias)	3,12 ± 0,20	0,19 ± 0,02	1,00 ± 0,05	7,6 ± 0,26
Enlatado (90 dias)	2,74 ± 0,36	0,15 ± 0,03	0,80 ± 0,00	7,2 ± 0,20
Enlatado (180 dias)	2,53 ± 0,18	0,12 ± 0,03	0,80 ± 0,01	6,8 ± 0,15

Nota: NPR: quociente de eficiência líquida da proteína; CEA: coeficiente de eficiência alimentar.

⁽¹⁾Disponibilidade do aminoácido em g/16 g de nitrogênio.

Fonte: Lira et al. (1992).

A esterilização comercial não exerceu maior influência sobre o valor biológico do feijão, quando comparado ao cozimento doméstico. No entanto, o armazenamento resultou em redução da disponibilidade da metionina e da lisina, repercutindo sobre o NPR e o CEA. Os resultados revelaram, também, uma boa aceitabilidade do novo produto.

Posteriormente, pesquisadores de outras instituições, ao avaliarem conserva de feijão-caupi obtida à temperatura de 121 °C por 6 minutos, registraram uma redução média de 7% no teor protéico dos grãos.

Estudos recentes têm demonstrado que, entre os grãos, os feijões, quando cozidos e congelados, são os que mais contribuem para o percentual de amido resistente (AR) tipo 3, presente na alimentação da população do Ocidente.

Em pesquisa realizada com feijões caupi verdes e maduros, cozidos sem pressão, utilizando 5 mL de água/g do grão, e a seguir congelados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 dias, foi evidenciada uma maior formação de AR tipo 3 no caupi maduro, conforme ilustra a Tabela 4.

Tabela 4. Teor de amido em feijões-caupi cozidos, adicionados de 5 mL de água /g do grão, e a seguir congelados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 dias.

Amido de feijão	Amido total (%)	Amido resistente (%)	Amido resistente/ amido total
Verde	7,62	3,15	41
Maduro	41,36	4,63	11

Fonte: Salgado et al. (2005).

A fração de amido é fermentada no intestino grosso pela microbiota colônica, originando ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), cuja ação fisiológica tem positiva repercussão na saúde humana, com efeitos sobre o trato intestinal e metabolismo lipídico e glicídico.

Para avaliar as respostas metabólicas dessa alteração, tendo em vista a aplicação do AR no controle da glicemia dos diabéticos e epitélio colônico, foram realizados ensaios in vitro do amido isolado, antes e após processamento. De acordo com os resultados (Fig. 4), o feijão-caupi verde com maior percentual de AR tipo 3 apresentou uma superioridade quanto ao crescimento das bactérias lácteas ($6,6 \times 10^9$ UFC/mL), em relação ao grão maduro. Esse nível populacional é considerado ideal para a colonização dos microrganismos no trato intestinal.

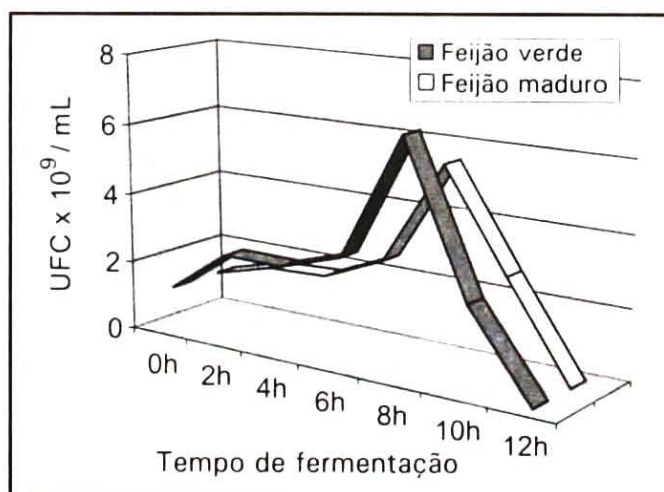


Fig. 4. Curva de crescimento de bactérias lácteas durante a fermentação in vitro do amido do feijão-caupi cozido verde e maduro.

Fonte: Salgado et al. (2006).

No que diz respeito à produção de ácidos graxos de cadeia curta (Tabela 5), embora a literatura se refira ao ácido butírico como o principal produto da fermentação do AR, apenas o amido proveniente do feijão maduro apresentou esta característica.

Tabela 5. Produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) durante a fermentação do amido do feijão-caupi cozido verde e maduro.

AGCC	Amido do caupi verde	Amido do caupi maduro
Total (mmol/g substrato)	1,06 + 0,052	2,29 + 0,15
Frações ⁽¹⁾		
Ácido acético (%)	43,39 + 1,30	30,13 + 2,09
Ácido butírico (%)	33,96 + 1,70	65,93 + 2,63
Ácido propiônico (%)	22,65 + 1,45	3,94 + 0,97

Nota: ⁽¹⁾Percentual em relação ao AGCC total.

Fonte: Salgado et al. (2006).

No amido do feijão-caupi verde, o ácido acético foi encontrado em maior percentual, seguido do butírico e do propiônico, cujo papel na síntese de colesterol nos hepatócitos ainda não se encontra esclarecido.

Conhecendo-se que as respostas glicêmicas (níveis de glicose sanguínea pós-prandial) correspondem à digestão e à absorção dos carboidratos dos alimentos, e que estas variam em razão do tipo de carboidrato ingerido, portanto foi determinado o índice glicêmico do caupi integral e do amido isolado (Tabela 6).

Tabela 6. Índice glicêmico (IG) do caupi (grão e amido).

Amostra	IG
Feijão-caupi verde	46,88 + 0,71
Feijão-caupi maduro	49,62 + 0,48
Amido do feijão-caupi verde	83,23 + 3,8
Amido do feijão-caupi maduro	91,34 + 1,98

Fonte: Salgado et al. (2006).

A redução do índice glicêmico no grão integral deve ter sido favorecida por outros constituintes da fibra alimentar e, ainda, por oligossacarídeos e polifenóis presentes nos feijões, requerendo investigações complementares para se identificar o componente responsável por esse efeito.

Influência do Melhoramento Genético Convencional sobre os Constituintes Bioativos

Com vista a melhorar a produtividade, resistência a pragas e doenças, rendimento, peso dos grãos, comprimento de vagens e a qualidade nutricional do grão, diversos pesquisadores têm aplicado técnicas de melhoramento genético de feijões.

Pesquisa recente, utilizando técnica convencional de melhoramento genético, obteve uma nova linhagem denominada Esperança, cujos grãos maduros apresentam coloração verde.

Uma avaliação desta nova linhagem demonstra que não existe diferença significativa entre ela e as cultivares utilizadas no melhoramento genético quanto à composição nutricional, embora apresente uma elevação do teor de carotenóides totais que não a caracteriza como fonte (Tabela 7).

Com relação a outros constituintes com atividade antioxidante, constata-se a influência da modificação genética sobre o teor de clorofila, uma vez que a Esperança foi dez vezes superior às demais cultivares analisadas em ambas as frações (clorofila a e clorofila b).

Tabela 7. Pigmentos bioativos do feijão-caupi.

Cultivares	Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$)	Clorofila a (mg/g)	Clorofila b (mg/g)
IPA-206	0,267 \pm 0,02	0,3167 \pm 0,08	0,2223 \pm 0,06
Riso do Ano	0,186 \pm 0,02	0,2933 \pm 0,07	0,1173 \pm 0,04
Esperança	0,320 \pm 0,02	3,7333 \pm 0,12	1,8570 \pm 0,20

Fonte: Santana (2005).

O teor de fenólicos apresenta correlação positiva com relação à intensidade da coloração da casca, embora o efeito antioxidante tenha sido semelhante para todos (Tabela 8). Alguns autores se referem a uma forte correlação positiva entre a atividade antioxidante e o teor de fenólicos totais, embora esse efeito não possa ser explicado apenas com base em seu teor de fenólicos, requerendo, também, a caracterização da estrutura dos demais compostos ativos, bem como a avaliação da ação antioxidante, por meio de outros sistemas.

Tabela 8. Teor de fenólicos e atividade antioxidante de extratos etanólicos de cultivares de feijões-caupi.

Amostras	Fenólicos totais (mg/100 g)	Inibição da oxidação (%)
IPA-206	297,78 ± 22,33	66,80
Riso do Ano	77,94 ± 16,14	61,07
Esperança	107,55 ± 2,34	64,29
BHT ⁽¹⁾ (controle)	-	90,00

Nota: ⁽¹⁾Butilhidroxitolueno.

Fonte: Santana (2005).

As informações aqui relacionadas demonstram a importância do consumo do caupi pela população nordestina, principalmente em associação com cereais de uso tradicional na região, como o milho e o arroz, pelo seu valor nutritivo e pela presença de constituintes, com propriedades funcionais relevantes na redução de doenças crônico-degenerativas, bem como o potencial industrial que, se utilizado, constituirá uma fonte complementar para os produtores.

Literatura Recomendada

ANTUNES, N. L.; LAGO, E. S.; BION, F. B.; NASCIMENTO, J. S.; ARAÚJO, T. M.; FREITAS, L. P. C. G.; PONTES, D. C. N. Valor nutritivo do feijão macaçar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) *Revista Brasileira de Pesquisas Médicas e Biológicas*, v. 9, n. 5-6, p. 293-296, 1976.

BELITZ, M. D.; GROSCH, W. *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acríbia, 1998. p.257-259.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. *Food Reviews International*, New York, v. 9, p. 237-297, 1993.

CAMBRODÓN, I. G.; MARTÍN-CARRÓN, N. Fermentación colónica de fibra dietética y almidón resistente. In: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. *Fibra dietética en Iberoamérica tecnología y salud-obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos*. São Paulo: Varela, 2001. p. 311-337.

CARDADOR-MARTÍNEZ, A.; LOARCA-PINA, G.; OOMAH, B. D. Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 6975-6980, 2002.

- CASTELLÓN, R. E. R.; ARAÚJO, F. M. M. C. de.; RAMOS, M. V. Composição elementar e caracterização da fração lipídica de seis cultivares de caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 149-153, 2003.
- CHAVES, N.; BARROS, M. M. R.; MADRUGA, I.; LAPA, M. A. G.; FREITAS, C. P.; LIMA, J. A. L.; COSTA, L. P.; Valor nutritivo da associação de proteínas do feijão macaçar (*Vigna sinensis*) e da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Revista Brasileira de Medicina**, v. 17, n. 7, p. 385-395, 1962.
- CHAVES, N. et al. As proteínas do feijão macassar na nutrição. **Revista Brasileira de Pesquisas Médicas e Biológicas**, v. 9, p. 605-607, 1952.
- CIACCO, F. C.; TAVARES, D. Q.; TEXEIRA, M. A. V. Amido resistente. In: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. **Fibra dietética en Iberoamérica tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. p. 129-139.
- FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 2000. 1258 p.
- FERREIRA, C. L. F. **Prebióticos e probióticos: atualização e prospecção**. Viçosa: Suprema, 2003. 203 p.
- FREITAS, M. C. J. Amido resistente: propriedades funcionais. **Nutrição Brasil**, v. 1, p. 40-48, 2002.
- GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BALDWIN, P. M. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. **Carbohydrates Polymers**, v. 32, p. 177-191, 1997.
- GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BULÉON, A.; PÉREZ, S. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, n. 2, p. 3-165, 1992.
- GOÑI, I.; VALENTÍN-GAMANZO, C. Chickpea flour ingredient slows glycemic response to pasta in healthy volunteers. **Food Chemistry**, v. 81, p. 511-515, 2003.
- GUERRA, N. B.; LAGO, E. S.; CHAVES, N. Contribuição ao estudo do Feijão Macaçar (*Vigna unguiculata*). **Revista Brasileira de Medicina**, v. 30, n. 2, p. 82-86, 1973.
- HEIMLER, D. et al. Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p.3053-3056, 2005.
- LEÃO, M. C. D. **Efeito do armazenamento na qualidade do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. 1987. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- LIMA, E. D. P. de A.; JERÔNIMO, E. de S.; LIMA, C. A. de A. Características físicas e químicas de grão verdes de linhagens e cultivares de feijão caupi para processamento tipo conserva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p. 129-134, 2003.
- LIRA, G. M.; GUERRA, N. B.; PESSOA, D. C. N. Propriedades nutricionais e sensoriais do

feijão-macassar verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) enlatado. Efeito do armazenado. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 42, n.3, p. 316-321, 1992.

LONGE, G. OYEBIODUN. Carbohydrate composition of different varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Food Chemistry**, v.6, n.2, p. 153-161, 1980.

MACIEL, G. R. **Influência do amido resistente sobre o índice glicêmico do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) modificado hidrotermicamente**. 2004. 32f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MANNERS, D. J. Some aspects of the structure of starch. **Cereal Foods World**, v. 10, n. 7, p. 461-467, 1985.

ONWULIRI, V. A.; OBU, J. A. Lipids and other constituents of *Vigna unguiculata* and *Phaseolus vulgaris* grown in northern Nigeria. **Food Chemistry**, v. 76, n. 1, p.1-7, 2002.

PRYDE, S. E.; DUNCAN, S. H.; HOLD, G. L.; STEWART, C. S.; FLINT, H. J. The microbiology of butyrate formation in the human colon. **FEMS Microbiology letters**, v. 217, p.133-139, 2002.

RIOS, A. O.; ABREU, C.M.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 39-45, 2003.

ROSIN, P. M ; LAJOLO, F. M. ; MENEZES, E. W. Measurement and characterization of dietary starches. **Journal Food Composition Analysis**, v. 14, n. 4, p. 367-377, 2002.

SALGADO, S. M.; LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B.; SCHULLER, A. R. P.; ARAÚJO, A. L. L. de. Resposta fisiológica in vitro do amido do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 297-303, 2006.

SALGADO, S. M.; MELO FILHO, A. B.; ANDRADE, S. A.; MACIEL, G. R.; LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B. Modificação da concentração de amido resistente em feijão-macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) por tratamento hidrotérmico e congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 259-264, 2005.

SANTANA, D. E. S. L. **Influência do melhoramento genético sobre os constituintes do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. WALP)**. 2005. 54 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SANTOS, J. F. et al. Caracteres de genótipos de caupi de tegumento marrom e porte enramador no semi-árido Paraibano. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO CAUPI, 5., 2001, Teresina. **Anais...** Embrapa Meio-Norte, 2001. p. 199-202.

STANLEY J. K. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

TOVAR, J. Bioavailability of carbohydrates in legumes: digestible and indigestible fractions. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 44, n. 4, p. 36-40, 1994.

3 Produção de Feijão-Caupi em Conserva

Angela Aparecida Lemos Furtado

Introdução

Histórico

Vigna unguiculata (L.) Walp é o nome científico do caupi que, dependendo da região, pode ser reconhecido como feijão-macassar, feijão-de-corda, feijão-da-moita, feijão-de-vara, feijão-fradinho e feijão-verde, entre outros. É uma leguminosa dotada de alto conteúdo protéico e de boa capacidade de fixar nitrogênio. É o feijão mais cultivado na Região Nordeste brasileira, encontrando-se do Litoral até o Sertão (BRAGA, 1976; FREIRE FILHO et al., 1981; FREIRE et al., 1988).

O feijão-caupi é a leguminosa mais importante da África, contribuindo significativamente na dieta do povo, com a quantidade de proteínas e vitaminas solúveis em água (PHILLIPS e MCWATTERS, 1991).

O caupi é comercializado basicamente em feiras e, muitas vezes, dentro de sua vagem. Como qualquer alimento, a sua vida útil é curta e formas alternativas de conservação são necessárias para o aumento de sua vida de prateleira.

Tratamento Térmico

Desde o seu estabelecimento, há mais de 150 anos, o processamento térmico tornou-se uma operação fundamental para a preservação de ali-

mentos. A aplicação de calor é importante para destruir microrganismos patógenos ou deteriorantes.

Os métodos clássicos que utilizam calor como forma de conservação são o branqueamento, a pasteurização e a esterilização.

Pasteurização e branqueamento são formas mais brandas de tratamento térmico. A pasteurização destrói parte das células microbianas, mas nem todas as células vegetativas. O objetivo é, normalmente, a eliminação de microrganismos patogênicos, mas não organismos deteriorantes (TEIXEIRA e BALABAN, 1996). Já o branqueamento, tem como principal objetivo a inativação enzimática.

Diferentemente dos produtos pasteurizados e branqueados, que necessitam métodos de conservação adicionais para aumentar a vida de prateleira, um produto que sofre o processo de esterilização não precisa de métodos adicionais.

A esterilização visa à completa destruição dos esporos dos microrganismos patogênicos e deterioradores, com possibilidade de crescerem nas condições de estocagem do produto. Algumas formas esporuladas mais resistentes podem sobreviver ao tratamento térmico, desde que não tenham como se desenvolver nas condições de estocagem do produto. Daí, surge o termo “esterilidade comercial”, como o mais adequado para expressar esse tipo de tratamento. Vários são os fatores que influem no delineamento de um processo de esterilidade comercial de alimentos, tais como: a natureza do alimento; a concentração inicial de microrganismos; a resistência térmica dos microrganismos e de seus esporos; a atividade de água; as características de transferência de calor do alimento, da sua embalagem e do meio de aquecimento; as condições de estocagem e sua comercialização (FELLOWS, 2006).

Os alimentos com pH acima de 4,5 e atividade de água superior a 0,85, chamados alimentos de baixa acidez, normalmente exigem tratamentos térmicos muito mais rigorosos do que aqueles com pH menor do que 4,5. Este valor de pH está relacionado com a possibilidade de crescimento de linhagens de *Clostridium botulinum*, que são microrganismos que produzem uma toxina de elevada letalidade ao homem. As características de resistência térmica dos esporos desses microrganismos são bem conhecidas e são utilizadas para o cálculo do processo de esterilização (MASSAGUER, 2005).

Na esterilidade comercial é importante, também, que sejam conhecidas as características de transferência de calor do alimento, em cada tipo particular de embalagem e sistema de processamento, o que, normalmente, exige ensaios de penetração de calor para cada condição específica, medindo-se a temperatura, durante todos os ensaios, no ponto frio da embalagem. Processamento térmico em excesso prejudica atributos de qualidade do alimento, como a textura, a cor e o sabor. Além disso, é importante levar em conta os parâmetros cinéticos de inativação de algumas enzimas termorresistentes, que podem passar a ser problema no alimento, quando o tratamento não é suficiente para inativá-las. Os alimentos esterilizados, geralmente, têm vida de prateleira mais prolongada em condições normais de estocagem à temperatura ambiente, podendo atingir prazos entre um e dois anos. A otimização do processamento térmico garante uma maior qualidade do alimento, além de trazer benefícios econômicos, como menor consumo de energia (ORDÓÑEZ, 2005).

No caso do feijão-caupi, a esterilização em embalagens fechadas garantirá uma maior vida útil do produto, que, na forma in natura, é bem curta.

Aspectos de Qualidade

A aceitabilidade de um alimento na dieta humana depende não apenas de sua qualidade nutricional, mas, também, de suas características de cozimento, de hidratação e da qualidade do caldo produzido (CAZETTA et al., 1995). O processo de enlatamento do grão, além de esterilizar o produto e eliminar os fatores antinutricionais, deve manter sua aparência e sabor, e adequar a textura à preferência do consumidor (GERMER et al., 1995).

Entre as culturas de grãos, o feijoeiro é a que exhibe o mais alto nível de variabilidade quanto à cor, ao tamanho e à forma da semente, características que influenciam as pessoas quanto à preferência por determinada variedade (CARNEIRO et al., 2005).

O feijão-verde apresenta um teor de proteína de 10,3%, superior ao da ervilha (7,0%) e da vagem (2,4%), sendo portanto uma fonte de proteína vegetal para a população rural e urbana. No Nordeste brasileiro, seu consumo é elevado e desordenado, devido ao curto período de safra que depende das variações pluviométricas (FURTUNATO et al., 2000).

Lima et al. (2003) estudaram as características físicas e químicas do feijão-verde após o processamento térmico e observaram que o processo

tipo conserva provoca pequeno decréscimo de proteína total dos grãos das diferentes linhagens e cultivares, conservando, em média, 93% e que, de modo geral, o feijão-caupi verde não sofreu grandes alterações, proporcionando conservas com boas características técnicas.

Barcelos et al. (1999) estudaram o efeito do tratamento térmico na aceitabilidade do feijão-guandu verde enlatado e observaram que sua aceitação foi regular, devido à casca ser muito grossa, o caldo ser ralo e o sabor ligeiramente amargo.

Processamento Térmico do Caupi

A seguir são apresentadas as etapas de processamento de feijão-caupi para conserva (Lima et al., 2003).

Recepção

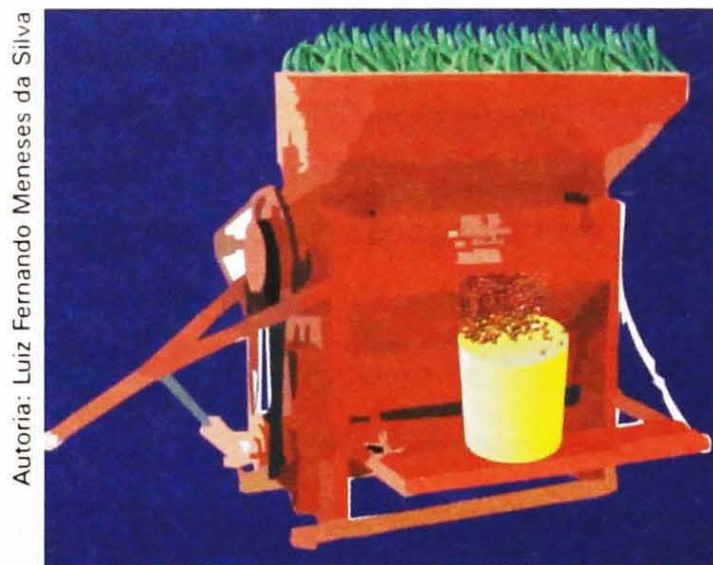
As vagens de feijão devem chegar ao local de processamento, preferencialmente, em caixas plásticas (Fig. 1). O material deve ser pesado e os valores anotados em formulário próprio, para acompanhamento do processo. As vagens devem ser mantidas em local fresco e arejado, livre de insetos e roedores, até o momento do processamento. Se o processamento não ocorrer no mesmo dia da colheita, as vagens devem ser estocadas sob refrigeração, a temperaturas em torno de 5 °C, por no máximo sete dias.



Fig. 1. Recepção das caixas com vagens.

Debulhamento

Nesta etapa, as vagens passam por um equipamento que faz o descascamento (debulhamento) mecânico (Fig. 2). Os grãos são então separados das vagens e enviados para lavagem e seleção.



Autoria: Luiz Fernando Meneses da Silva

Fig. 2. Debulhamento ou descascamento.

Lavagem e Seleção

A lavagem dos grãos conduz a uma redução do número de microrganismos, quando feita sob certos cuidados. A solução empregada na lavagem deve apresentar de 20 ppm a 30 ppm (partes por milhão) de cloro, à temperatura ambiente.

Na seleção, são retirados os grãos impróprios para consumo e descartados os materiais estranhos (Fig. 3). Além disso, é realizada uma classificação, que proporcionará maior uniformidade ao produto final. Esta etapa deve ser realizada por pessoas treinadas.



Autoria: Luiz Fernando Meneses da Silva

Fig. 3. Lavagem e seleção.

Branqueamento e Resfriamento

O branqueamento ou escaldamento consiste no aquecimento do material por meio de água ou vapor vivo, antes do enlatamento (Fig. 4). Utiliza-se, normalmente, o processo de imersão em água a 90 °C, por cerca de três minutos.

Logo após o branqueamento, procede-se ao resfriamento, por imersão do material em água fria, para evitar recontaminação do produto por microrganismos termófilos e o cozimento.

O branqueamento é empregado, principalmente, para:

- Eliminação do ar dos tecidos.
- Fixação e realce da cor do produto.
- Diminuição da carga microbiana e
- Inativação de enzimas.

Autoria: Luiz Fernando Meneses da Silva

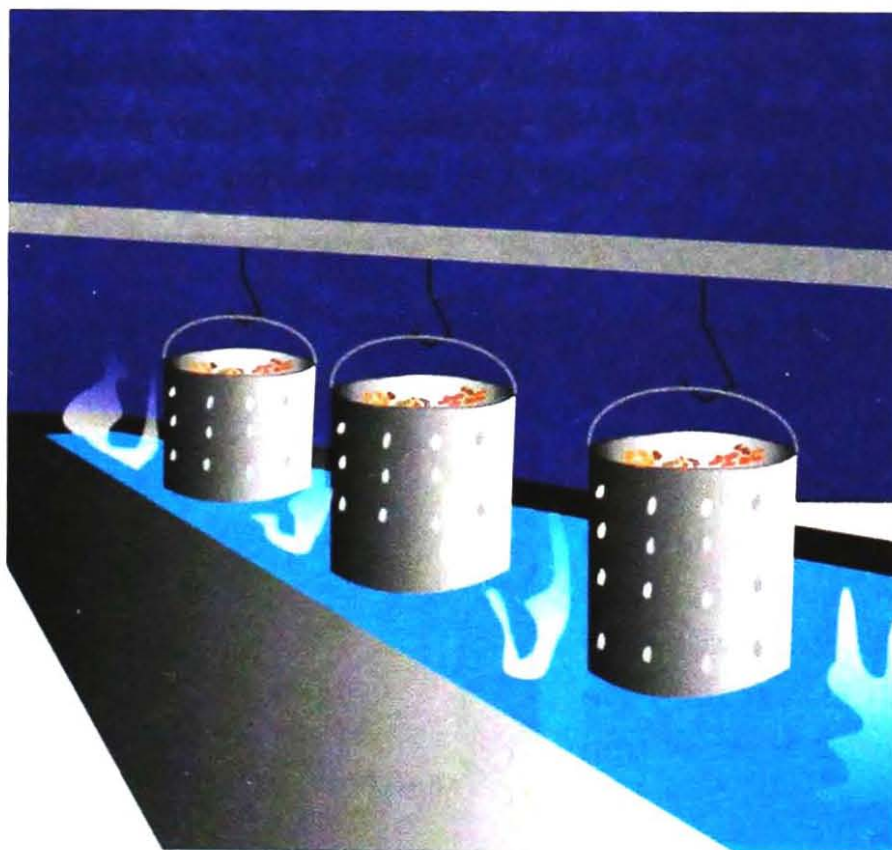


Fig. 4. Branqueamento.

Enchimento

O enchimento é realizado por meio de máquinas, que envasam o produto por gravidade (Fig. 5).

A quantidade de produto dentro da embalagem deve ser constante. Um enchimento excessivo diminui a transferência de calor. A legislação estabelece que o espaço livre não deve exceder a 10% de altura da embalagem.

Após o envase do produto, as embalagens passam por um dosador de salmoura que, usualmente, faz parte do equipamento de enchimento.

A salmoura, para alimentos como ervilha, milho e feijão, costuma conter de 1% a 3% de sal e de 3% a 10% de açúcar. Usualmente, a salmoura é previamente aquecida. Esse procedimento diminui o tempo necessário de exaustão na operação subsequente.

Autoria: Luiz Fernando Meneses da Silva

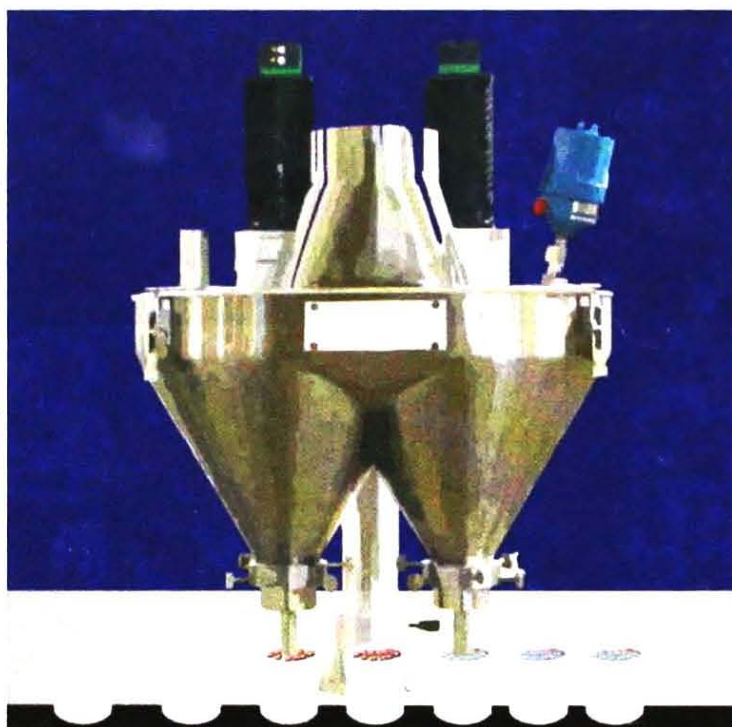


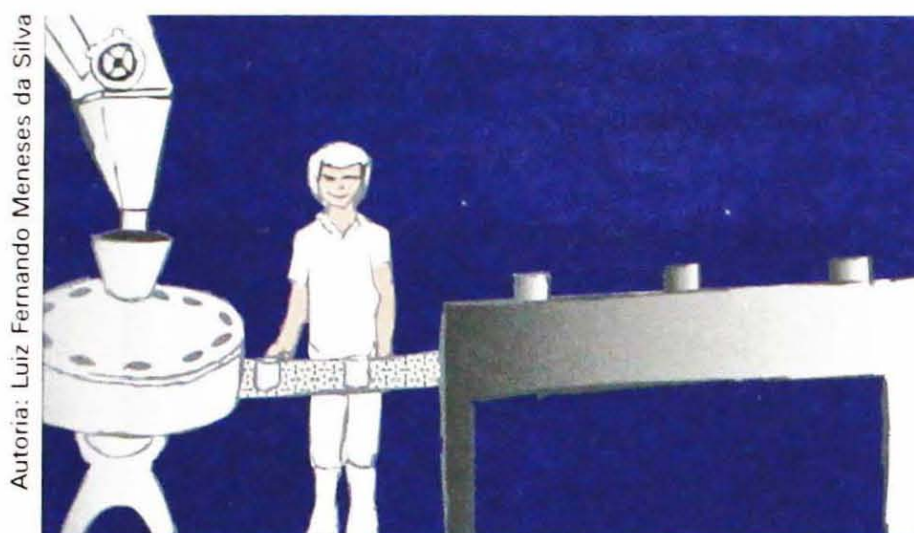
Fig. 5. Enchimento.

Exaustão

A operação de exaustão objetiva reduzir, ao máximo, a quantidade de ar do interior das latas, evitando, com isto, a corrosão das latas e minimizando as reações químicas. Além disso, evita tensões excessivas nas latas durante o tratamento térmico. O processo de exaustão mais comum nas

indústrias é o processo a quente, que pode ser descontínuo, por aquecimento em tanques, ou contínuo, empregando-se túneis de exaustão (Fig. 6).

Na exaustão contínua, os recipientes abertos são conduzidos por meio de esteira através de um túnel, onde é insuflado vapor. A velocidade da esteira é regulável, permitindo, assim, ajustar o tempo de residência dos recipientes no interior do túnel às exigências do processo. Em qualquer caso, para se obter uma boa exaustão do produto, a temperatura no centro geométrico do recipiente deve atingir de 85 °C a 90 °C.



Autoria: Luiz Fernando Meneses da Silva

Fig. 6. Exaustão.

Recravação

A recravação é a operação que faz a junção da tampa ao corpo da lata ou vidro, formando um fechamento hermético. Essa é uma operação muito importante e deve ser realizada imediatamente após a saída das embalagens do túnel de exaustão (Fig. 7).



Autoria: Luiz Fernando Meneses da Silva

Fig. 7. Recravação.

Esterilização

Os recipientes fechados são colocados em uma autoclave a vapor, onde será realizado o processo de esterilização (Fig. 8). O binômio tempo X temperatura utilizado dependerá do tamanho e do tipo de embalagem. Um exemplo para o processamento de feijão em conserva é a utilização de 121 °C por 15 minutos, para latas de 1 kg, com temperatura inicial de 60 °C.

Resfriamento

O resfriamento deve ser realizado dentro da própria autoclave (Fig. 8), imediatamente após o tratamento térmico, pois é um complemento do mesmo. Quando é interrompida a entrada de vapor, inicia-se, em seguida, a entrada de água fria pelo fundo da autoclave. A água perpassa as latas e sai em um tubo na parte superior da autoclave. A autoclave só deverá ser aberta, quando a temperatura no seu interior ficar abaixo de 100 °C. A temperatura final de resfriamento deve ser entre 35 °C e 40 °C. A água de resfriamento deve conter de 1 ppm a 2 ppm de cloro livre.

Caso o resfriamento não ocorra, o cozimento do produto continua a se processar, causando seu escurecimento, além de oferecer condições propícias para o desenvolvimento de bactérias esporuladas termófilas.

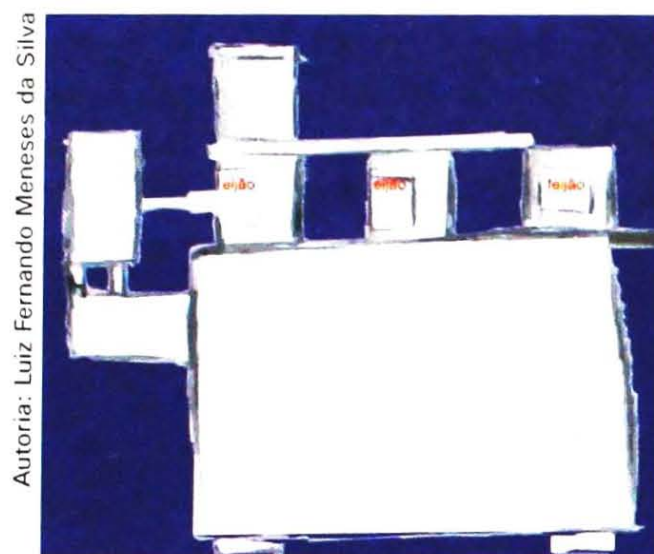


Autoria: Luiz Fernando Meneses da Silva

Fig. 8. Esterilização/
resfriamento.

Rotulagem e Armazenamento

A rotulagem é realizada logo após o resfriamento (Fig. 9). Nos rótulos das embalagens devem constar o lote, a data de fabricação e o prazo de validade. Além disso, devem constar a composição e o valor nutricional do produto, conforme legislação específica para rotulagem.



Autoria: Luiz Fernando Meneses da Silva

Fig. 9. Rotulagem.

As embalagens rotuladas são acondicionadas em caixas de papelão, armazenadas até a expedição (Fig. 10).

O ambiente de estocagem deve ser fresco, seco e bem ventilado. A temperatura máxima de estocagem deve ser de 38 °C para evitar o crescimento de microrganismos termófilos no produto.



Autoria: Luiz Fernando M. da Silva

Fig. 10. Armazenamento.

Considerações Finais

A produção de feijão-caupi em conserva é uma alternativa para a comercialização e distribuição deste produto em outras regiões não-produutoras do caupi. Esta forma de conservação agrega mais valor ao produto, pois aumenta a sua vida útil.

Referências

- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste especialmente do Ceará**. 4. ed. Natal: UFRN. 1976.
- BARCELOS, M. F. P.; TAVARES, D. Q.; SILVA, M. A. A. P.; MIRANDA, M. A. C.; GERMER, S. P. M.; SADAHIRA, M. S.; FERREIRA, V. L. P.; CAMPOS, S. D. Aspectos tecnológicos e sensoriais do guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] enlatado em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 1, jan./abr., p. 1-23, 1999.
- CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P.; SOUZA Jr., M. M.; CARNEIRO, J. E. S.; ARAÚJO, G. A. A. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 1, n. 25, p. 18-24, 2005.
- CAZETTA, J. O.; KANESIRO, M. A. B.; FALEIRO, R. R. S.; DURIGAN, J. F. Comparação de aspectos químicos e tecnológicos de grãos verdes e maduros de guandu com os de feijão-comum e ervilha. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 6, p. 39-53, 1995.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia de processamento de alimentos: princípios e práticas**, 2. ed., 2006. 602 p.
- FREIRE, M. S.; FONSECA, J. R.; XIMMERMANN, F. J. P.; WATT, E. E. **Coleções de germoplasma de Caupi: conservação e avaliação no Brasil**. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.), *O caupi no Brasil*. Brasília, EMBRAPA/CPAF, 1988.
- FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. Feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): nomenclatura científica e nomes vulgares. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO PIAUÍ, 2., 1980, Teresina. **Anais...** Teresina: EMBRAPA-UEPAE. Teresina, 1981.
- FURTUNATO, A. A.; MAGALHÃES, M. M. A.; MARIA, Z. L. Estudo do feijão verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, p. 2000.
- GERMER, S. P. M.; MOURA, S. C. S. R.; LEITÃO, M. F. F.; JUNQUEIRA, V. C. A.; TEIXEIRA NETO, R. O.; GONÇALVES, J. R.; JARDIM, D. C. P.; VITAL, A. A. **Princípios de esterilização de alimentos**. 2. ed., Campinas: ITAL, 1995. p.123. (Manual Técnico, 10).
- LIMA, E. D. P. A.; JERÔNIMO, E. S.; LIMA; C. A. A.; GONDIM, P. J. S.; ALDRIGUE, M. L.;

CAVALCANTE, L. F. Características físicas e químicas de grãos verdes de linhagens e cultivares de feijão caupi para processamento tipo conserva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 129-134, 2003.

MASSAGUER, P. R. **Microbiologia dos processos alimentares**. São Paulo: Varela, 2005. 285 p.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVARES, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILIÓ, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos**: componentes dos alimentos e processos, 2005, 294 p.

PHILLIPS, R. D.; McWATTERS, K. H. Contribution of cowpeas to nutrition and health. **Food Technology**, p. 127-130, Sept., 1991.

TEIXEIRA, A. & BALABAN, M. **Avanços na aplicação das técnicas computacionais no tratamento térmico de alimentos**. Rio de Janeiro: SENAI - Centro de Tecnologia de Produtos Alimentares, 1996.

4 Processamento do Feijão-Caupi Verde

Margarida Maria dos Anjos Magalhães
Maria de Fátima Dantas de Medeiros

Introdução

A maioria das matérias-primas agroindustriais é perecível, causando perdas significativas durante a colheita, o transporte e a comercialização, gerando, dessa maneira, um grande desperdício de alimentos. Uma das soluções para minimizar essas perdas, certamente, é a industrialização.

Entre os produtos perecíveis, está o feijão-verde, que tem sua classificação botânica definida como pertencendo ao gênero *Vigna* e a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp, com denominações variadas de acordo com a região, como feijão-de-corda, feijão-macassar, feijão-pardo, feijão-de-vara, feijão-de-vaca, caupi, entre outras (ARAÚJO et al., 1984).

Os grãos de coloração verde, com sabor suave e textura macia, têm uma demanda expressiva na elaboração de pratos típicos da culinária nordestina. Apesar de ter um elevado consumo, este é desordenado devido ao seu curto período de safra, que depende das variações pluviométricas. Para se incentivar a produção ordenada, em sistemas de irrigação, é necessário que se encontrem formas de conservação desse feijão para que a produção tenha mercado garantido.

Atualmente, os pesquisadores estão estudando várias formas de aumentar o tempo de conservação do feijão-caupi verde. Lima et al. (2002b)

estudaram a vida de prateleira dos grãos verdes minimamente processados, usando três tipos de tratamentos: a) testemunha sem tratamento térmico e químico; b) branqueamento com água em ebulição por dois minutos, seguido de imersão em água fria a 10 °C; c) imersão em solução de ácido cítrico 0,3%, por 20 minutos. Os grãos foram acondicionados em bandejas de isopor, envoltos por filme de cloreto de polivinila (PVC) e armazenados a 8 °C, com 90% U.R. por 12 dias. Após esse período, não houve alteração significativa nas características sensoriais e químicas dos grãos do feijão-caupi verde. No entanto, os que passaram pelo branqueamento tiveram a cor verde intensificada.

Outro estudo visando o processamento mínimo dos grãos de feijão-caupi verde foi realizado por Furtunato et al. (2000). Esses grãos foram branqueados por imersão em água a 90 °C por 10 minutos, seguida de resfriamento em água corrente, acondicionados em sacos plásticos e congelados em freezer a -18 °C. O produto se conservou por 180 dias, mantendo as características sensoriais e físico-químicas, além de seguro do ponto de vista microbiológico. O nível de aceitação foi de 71%, menor que o do feijão-verde fresco (96,6%).

A conservação do feijão-caupi verde é, também, uma forma de agregar valor, garantir seu consumo em qualquer época do ano, principalmente na entressafra, e difundir o seu consumo em outras regiões. Com esse objetivo foram feitos estudos para produção de conservas. Lima et al. (2002a) definiram que os grãos de maturação ideal para o processamento foram os colhidos com, aproximadamente, 45 dias após floração. Os grãos foram acondicionados em frascos de vidro com adição de salmoura e submetidos ao tratamento térmico a 121 °C por 6 minutos. Lima et al. (2003) utilizaram este mesmo processamento com o objetivo de estudar 12 linhagens do feijão-caupi verde e verificar qual delas era a mais apropriada para produção da conserva.

O processamento a 121 °C requer a utilização de autoclave, equipamento cujo custo e consumo de energia são elevados, além de demandar mão-de-obra qualificada. Por esse motivo, Maria et al. (1995) buscaram uma alternativa mais simples para produzir a conserva. Os autores acidificaram a salmoura, visando o abaixamento do pH. Nesta condição de pH < 4,5, não existe o risco de desenvolvimento do *Clostridium botulinum*, portanto o tratamento térmico pode ser mais brando. Os grãos acondicionados em

frascos de vidro foram processados em tanques de aquecimentos abertos com banho de água à ebulição, por 45 minutos, seguido de resfriamento. Este seria um produto para uso em saladas, devido ao seu sabor ácido.

Um outro processo visando à conservação do feijão-caupi verde por um período maior foi estudado por Medeiros (2004). O método consiste na desidratação dos grãos num processo combinado de pré-secagem em secador de bandeja, seguida de secagem final em secador de leito de jorro. A umidade final do feijão desidratado variou entre 17% e 20%. O produto para ser consumido precisa ser reidratado em água e preparado da mesma maneira que o feijão verde fresco. A análise sensorial mostrou que não houve diferença significativa entre os grãos desidratados e os frescos com relação à aparência, odor e sabor.

Processamento

Produto minimamente processado

O feijão-caupi verde pode ser minimamente processado, mantendo suas características sensoriais e químicas por 12 dias, desde que:

- a) Seja colhido no ponto adequado, ou seja, 45 dias após a floração.
- b) Sejam realizadas a seleção e a classificação.
- c) As condições de manuseio durante o processamento mínimo sigam as normas de higiene.

Nos grãos branqueados, há avivamento da cor verde. O fluxograma do processamento é apresentado na Fig. 1.

Produto branqueado/congelado

O feijão pode ser branqueado e armazenado a -18°C , mantendo suas características sensoriais (cor, sabor, odor) e físico-químicas por um período de seis meses. As condições de manuseio corretas, durante o processamento, evitam a presença de coliformes.

Este é um processamento simples que pode ser realizado por médios e microempresários. O fluxograma do processamento é apresentado na Fig. 2.

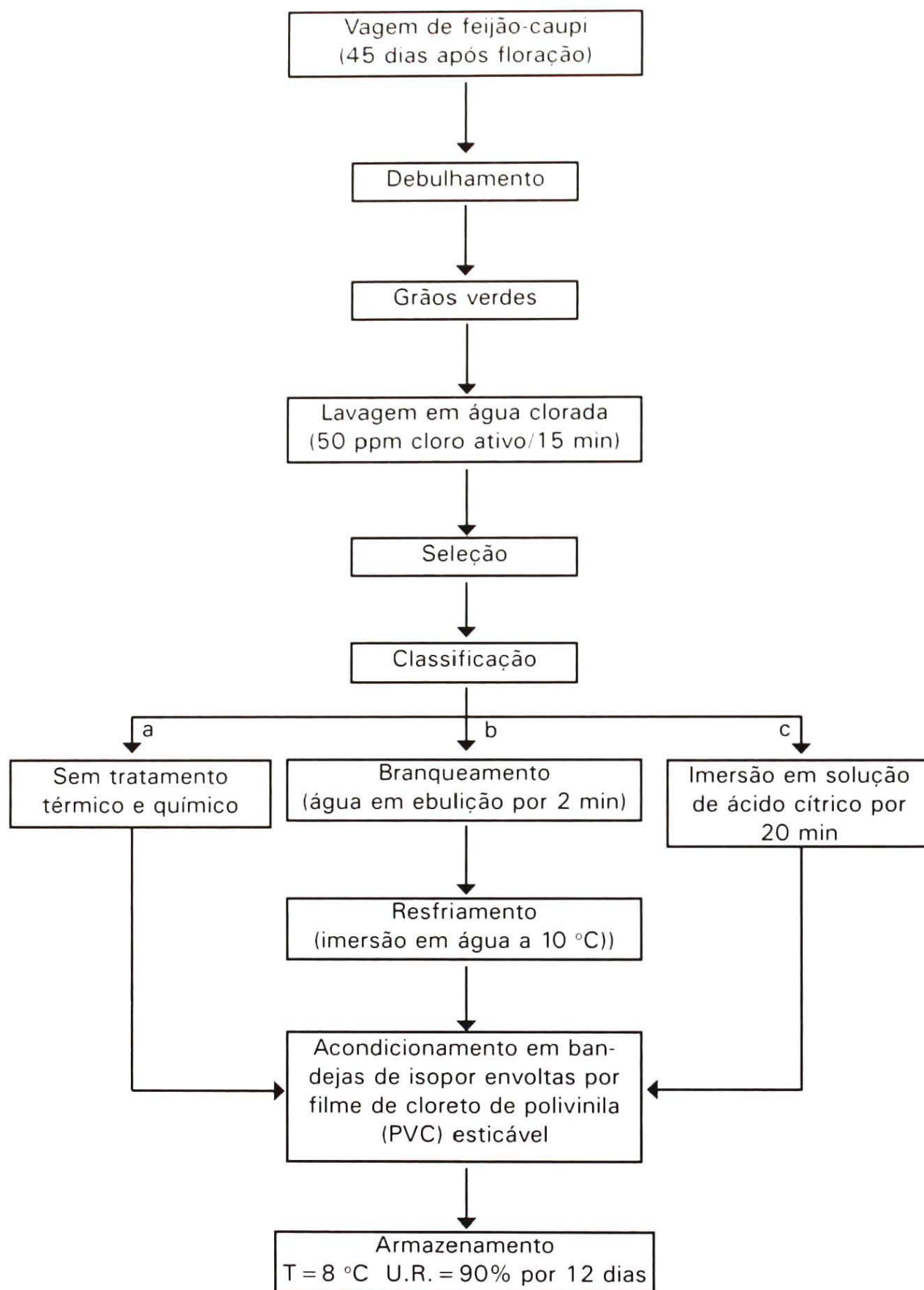


Fig. 1. Fluxograma do processamento mínimo de feijão-caupi verde minimamente processado.

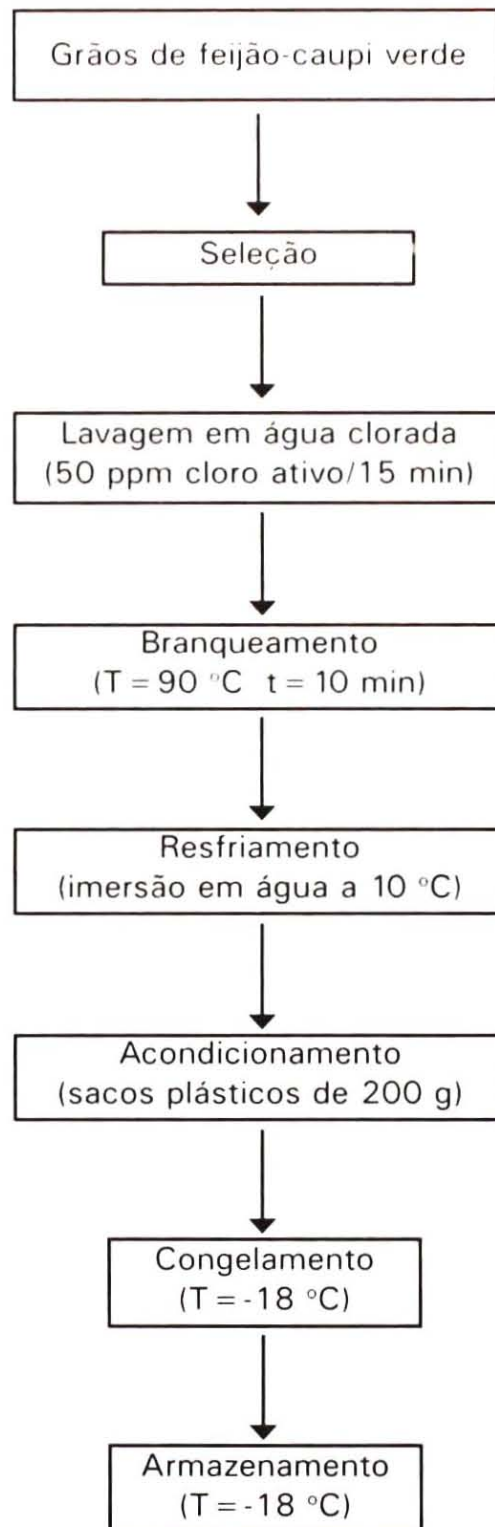


Fig. 2. Processamento do feijão-caupi verde branqueado/congelado.

Para o preparo, cada 100 g de feijão-verde congelado, deve ser cozido em 400 mL de água e 4 g de sal, por 15 minutos. Nessas condições, o produto mantém, praticamente, as mesmas características sensoriais do feijão-verde fresco.

Tipo conserva

Como o pH do feijão fresco varia entre 6,50 a 6,90, ele é considerado um alimento de baixa acidez, portanto deve ser processado a temperaturas acima de 100 °C, para garantir a segurança sanitária do produto, principalmente em relação aos esporos de *C. botulinum*. O fluxograma para elaboração da conserva é apresentado na Fig. 3.

Etapas do processamento

Seleção

Os grãos são selecionados por tamanho e coloração uniforme.

Lavagem

É feita em água corrente para remoção de películas e sujidades.

Branqueamento

É feito em água de 90 °C a 95 °C por 2 minutos, para inativação das enzimas e fixação da cor verde.

Acondicionamento

É feito em vidros de 500 mL, previamente esterilizados, nos quais se adicionam de 175 g a 200 g de grãos.

Adição de salmoura

Adicionam-se de 300 mL a 350 mL de salmoura a 1,5%, a quente.

Fechamento dos vidros

É feito imediatamente após a adição de salmoura, utilizando-se tampas metálicas do tipo *twist off*.

Tratamento térmico

É feito em autoclave com temperatura de 121 °C, por seis minutos.

Resfriamento

É feito em água corrente, potável, até atingir, aproximadamente, de 37 °C, a 40 °C.

Armazenamento

É feito à temperatura ambiente.

A conserva de feijão-caupi verde mantém suas características sensoriais, principalmente a cor verde, enquanto a perda de proteína é pequena, em média 7%. O produto está pronto para ser consumido, precisando apenas de um leve aquecimento.

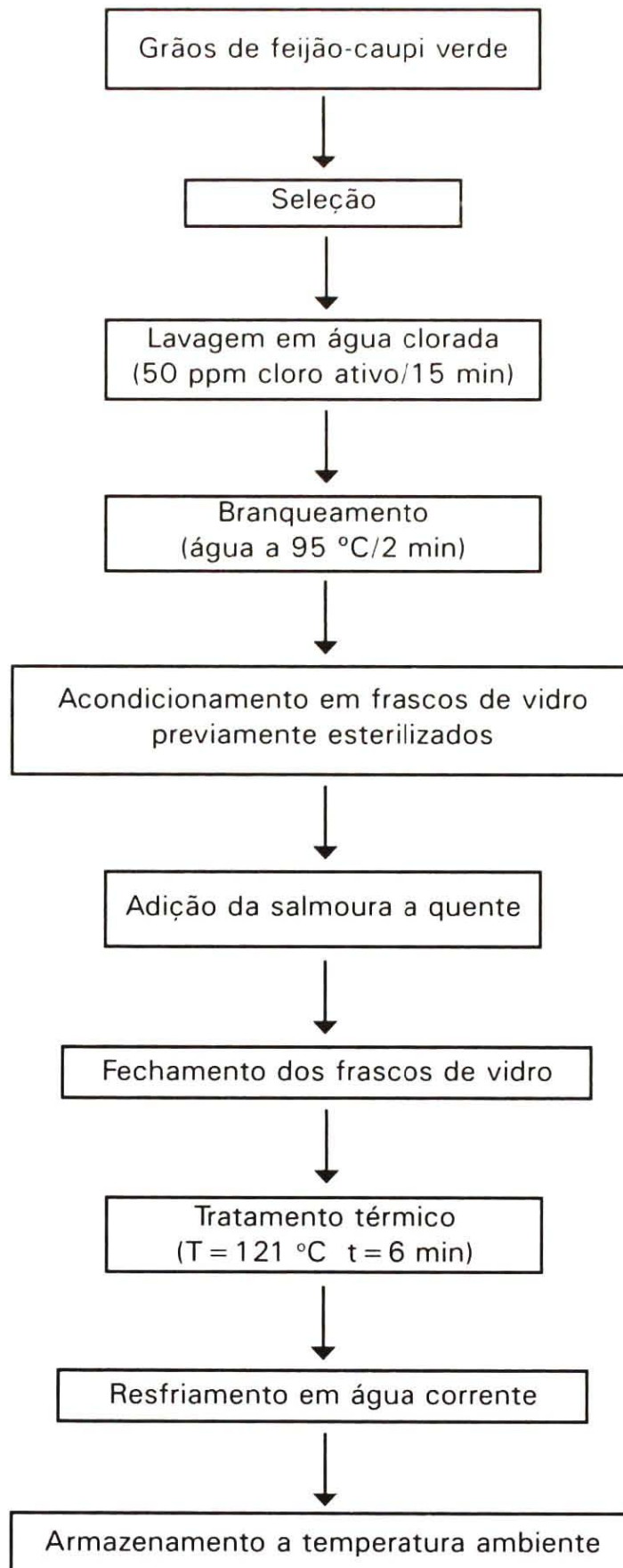


Fig. 3. Processamento de conserva de feijão-caupi verde.

Conserva acidificada

Este processo difere do anterior pela utilização de salmoura acidificada que diminui o pH dos grãos de feijão, possibilitando que eles sejam processados em tanques de aquecimento abertos, em substituição à autoclave, com redução nos gastos de energia. Além disso, esse processo é mais simples, o que facilitaria para os microempresários. O fluxograma para elaboração da conserva acidificada é apresentado na Fig. 4.

Etapas do processamento

Seleção

Os grãos são selecionados por tamanho e coloração uniforme.

Lavagem

É feita em água corrente para remoção de películas e sujidades.

Branqueamento

É feito em água a 90 °C, por 10 minutos, para inativação das enzimas, fixação da cor verde e, também, um pré-cozimento.

Acondicionamento

É feito em vidros de 300 mL, previamente esterilizados, nos quais se adicionam 150 g de grãos.

Adição de salmoura

Adicionam-se 140 mL de salmoura a quente, preparada com 1,9% de sal, 4,2% açúcar e 1,28% de ácido cítrico, pH 1,7 .

Fechamento dos vidros

É feito imediatamente após a adição de salmoura acidificada, com tampas metálicas do tipo *twist off*.

Tratamento térmico

É feito em tanque de aquecimento aberto, à temperatura de ebulição da água, por 45 minutos.

Resfriamento

É feito em água corrente, potável, até atingir entre 37 °C e 40 °C.

Armazenamento

É feito à temperatura ambiente.

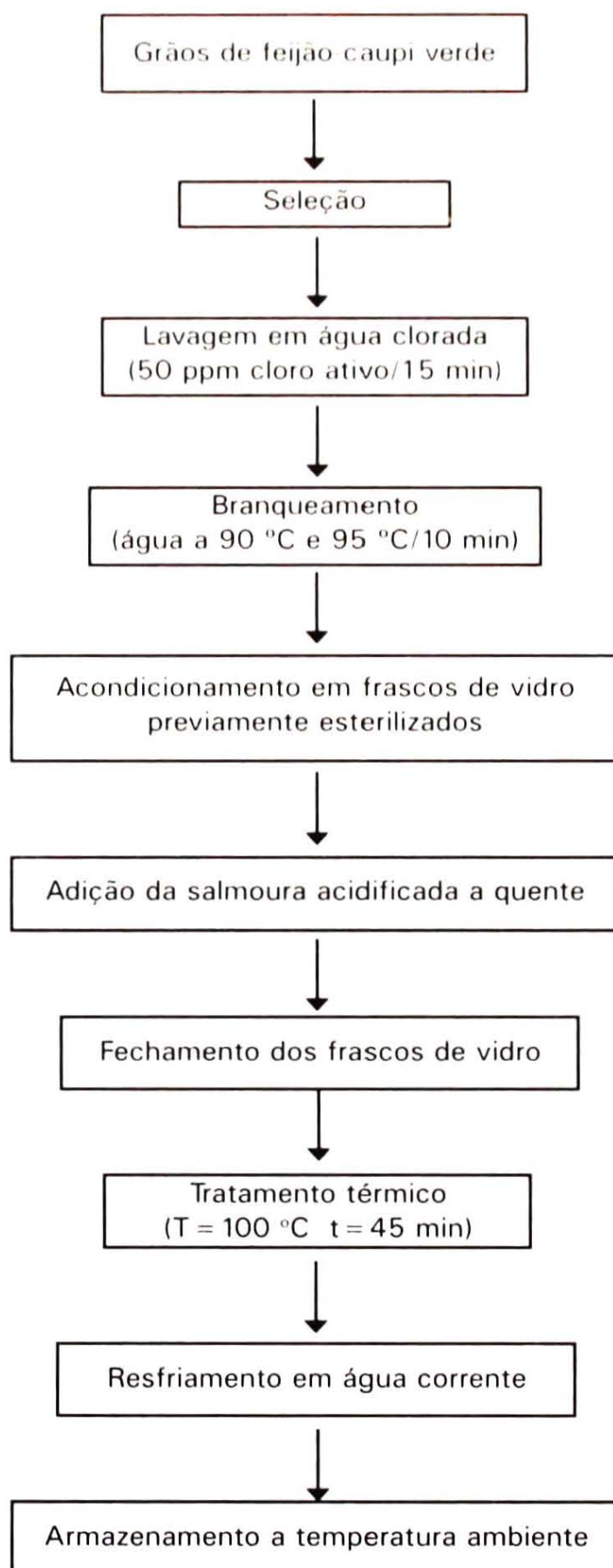


Fig. 4. Processamento de conserva acidificada de feijão-caupi verde.

Após o processamento, a acidez da salmoura entra em equilíbrio com os grãos de feijão, ocasionando um abaixamento de seu pH, que fica em torno de 4,0. A cor verde se mantém e a perda de proteína é pequena, em média 7%. O produto está pronto para ser consumido, sendo a sua utilização mais adequada em saladas, devido ao sabor ácido. A validade é de seis meses.

Referências

- ARAÚJO, J. P. P. de; RIOS, G. P.; WATT, E. E.; NEVES, B. P. de; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P. de; GUIMARÃES, C. M.; SILVEIRA FILHO, A. **Cultura do caupi (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp):** descrição e recomendações técnicas do cultivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 82 p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 18).
- FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**, 9.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1997. 307 p.
- FURTUNATO, A. A.; MAGALHÃES, M. M. A.; MARIA, Z. L. Estudo do feijão verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 299-301, 2000.
- LIMA, E. D. P. A.; JERÔNIMO, E. S.; LIMA, C. A. A.; GONDIM, P. J. S.; ALDRIGUE, M. L.; CAVALCANTE, L. F. Características físicas e químicas de grãos verdes de linhagens e cultivares de feijão caupi para processamento tipo conserva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.129-134, 2003.
- LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; GONDIM, P. J. S.; COSTA, L. G. P. Aspectos de pós-colheita e processamento do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18., 2002, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: SBCTA, 2002a.
- LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; GONDIM, P. J. S.; COSTA, L. G. P. Feijão-caupi verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) minimamente processado. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18., 2002, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: SBCTA, 2002 b.
- MARIA, Z. L.; MAGALHÃES, M. M. A; FURTUNATO, A. A. Estudo do processamento do feijão verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) para uso em salada. In CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 1., 1995, Campinas. **Resumos...** Campinas: CIBIA, 1995.
- MEDEIROS, U. K. L. **Estudo da secagem de feijão verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp):** análise experimental do processo combinado leito fixo/ leito de jorro. 2004. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

5 A Tecnologia de Extrusão no Processamento de Leguminosas

Estudo de Caso: Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)

Leonard Sebio
Joaquim de Lira Filho
Yoon Kil Chang

Introdução

A tecnologia de extrusão no processamento de alimentos vem sendo, nos últimos anos, responsável pelo surgimento de um grande número de produtos disponíveis nas prateleiras dos supermercados. O vasto campo de aplicação dessa tecnologia refere-se, principalmente, à sua versatilidade operacional, que se manifesta tanto na produção de alimentos para o consumo humano, como na produção de ração animal, esta favorecendo enormemente o setor agropecuário. A diversidade de produtos extrusados envolve sobretudo os amiláceos, tais como as pastas alimentícias (*flat bread*), os biscoitos (*crackers*, *wafers*, etc), os *snacks*, os cereais matinais fortificados e os amidos modificados, para diversas aplicações em alimentos. Envolve, igualmente, os proteináceos, a exemplo da proteína vegetal texturizada (PVT) e das leguminosas, da texturização de produtos de carne, dos análogos de queijo, dos ingredientes para sopas, produtos de confeitaria, bebidas, bioplásticos etc.

O princípio fundamental do processo de extrusão é converter um material sólido em um fluido pela aplicação de calor e trabalho mecânico e expeli-lo através de uma matriz, promovendo assim o cozimento da matéria-prima. O parafuso do equipamento, ao girar dentro do cilindro, conduz o material na direção da matriz, proporcionando um cisalhamento e transformando-o

numa massa uniforme. Nesse processo, diversas operações podem ser monitoradas de forma simultânea ou em seqüência, dependendo do *layout* e da seleção de componentes. São operações como transporte, moagem, hidratação, cisalhamento, homogeneização, mistura, compressão, eliminação de gases, tratamento térmico, gelatinização de amidos e desnaturação de proteínas. Outras alterações resultantes do processo de extrusão, passíveis de serem citadas, são destruição de microrganismos e compostos tóxicos, compactação, aglomeração, bombeamento, fusão parcial e plastificação da mistura, orientação de moléculas ou agregados, moldagem, expansão, formação de poros ou estruturas fibrilares, secagem parcial etc.

O processo de extrusão, considerado como contínuo, é extremamente versátil, pois o extrusor pode se comportar como trocador de calor, devido às trocas térmicas envolvendo as paredes do cilindro, a rosca e os materiais que são literalmente processados no barril em um tempo de residência curto. Alguns alimentos podem ser processados em questão de segundos, caracterizando o assim chamado processo HTST (Alta Temperatura e Curto Tempo).

O equipamento pode desempenhar, também, a função de reator químico de processamento de biopolímeros ou de alimentos em condições de altas temperaturas (até 250 °C) e altas pressões (até 25,0 MPa). Nessas condições, ocorre abertura das estruturas terciárias e quaternárias do material protéico dos produtos, resultando na quebra e rearranjo das pontes de hidrogênio e dissulfeto, permitindo a plastificação e a formação de texturas desejáveis.

O processamento por extrusão pode ser dividido em três etapas: pré-extrusão, extrusão e pós-extrusão. Os equipamentos, tanto para a primeira como para a última etapa, variam dependendo do tipo de material a ser produzido, enquanto que a extrusão propriamente dita é, basicamente, a mesma, variando apenas as condições de processamento. Dependendo da complexidade do processo selecionado, um ou mais extrusores podem ser usados numa linha de processamento.

O controle de processo de extrusão é bastante complexo devido ao grande número de variáveis que o afetam. Portanto, na tentativa de otimizar o processo de extrusão para um bom desempenho do equipamento,

objetivando produtos de boa qualidade, é preciso conhecer as propriedades funcionais do material e a natureza do fluxo no interior do equipamento, como também, definir, imprescindivelmente, os parâmetros críticos de controle operacional (PCCO). Esses parâmetros relacionam-se a funções estruturais ligadas à matéria-prima e são responsáveis pela extensão da transformação do material, do qual dependem as propriedades que determinam o tipo de aplicação do produto extrusado (SEBIO e CHANG, 2003).

Uma descrição detalhada das vantagens do cozimento por extrusão foi bem realizada por Smith (1975) e por Lazard (1993), quando admitiram que, em relação aos demais processos térmicos, a extrusão de alimentos representa uma tecnologia vantajosa em termos de:

Versatilidade: com uma mesma matéria-prima é possível a elaboração de uma grande variedade de produtos alimentícios.

Produtividade: os extrusores apresentam uma elevada capacidade de produção (rendimento), mesmo quando comparados com outros processos de cozimento.

Baixo custo: extrusores exigem menos mão-de-obra por tonelada de produção que qualquer outro sistema de cocção.

Diversificação na obtenção de produtos: somente por extrusão será possível a obtenção de uma larga variedade de produtos com formas, aspectos, densidades e texturas diferentes.

Qualidade dos produtos: um tratamento do tipo HTST preserva os nutrientes e torna os amidos e as proteínas mais facilmente digeríveis.

Ausência de efluentes: ao contrário da maioria dos métodos de cocção, não há nenhum efluente ou outro perigo ecológico residual após o processo de cozimento por extrusão.

Smith (1975) citou ainda, como vantagens, a exigência de um espaço físico bastante reduzido por tonelada de produção, a maior vida de prateleira, a excelência bacteriológica do produto final e o controle de inibidores de crescimento em relação aos produtos extrusados. Lazard (1993), por sua vez, ressaltou a rentabilidade energética do processo, ou seja, para secar um produto extrusado faz-se necessário o emprego de pouca energia.

O Extrusor como Equipamento de Cozimento

Atualmente, os extrusores podem ser encontrados numa variedade de tamanhos e tipos, mas, geralmente, são equipamentos que consistem de um cilindro metálico fixo através do qual o material é transportado. O extrusor para fim de cocção de alimentos consiste, basicamente, de um parafuso longo conhecido como “parafuso de Arquimedes” (extrusor monorrosca), ou de dois parafusos (extrusor dupla rosca) firmemente encaixados dentro de um cilindro ou barril, como mostra a Fig. 1. A rotação do(s) parafuso(s) ocorre acionada por um motor, enquanto seu aquecimento pode ser por resistências elétricas ou por vapor dentro do cilindro.

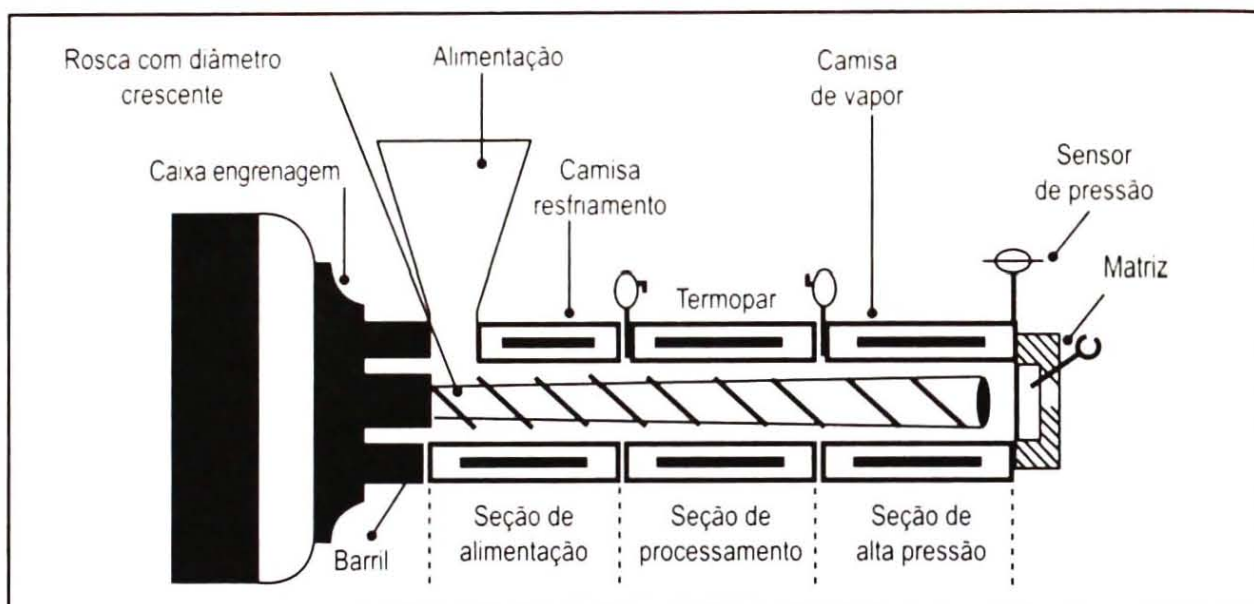


Fig. 1. Extrusor monorrosca.

O calor é, usualmente, aplicado ao cilindro durante o processo. No entanto, o calor devido à fricção da matéria-prima pode ser suficiente para cozinhar o material. A temperatura é, usualmente, aumentada ao longo do cilindro, desde a alimentação até a matriz. Para efeito de controle de temperatura, o cilindro do extrusor, geralmente, é dividido em zonas que podem ser controladas independentemente. As dimensões e geometria do cilindro, a relação de compressão do parafuso e a configuração dos parafusos são variáveis que afetam o cisalhamento e pressão dentro do extrusor. A velocidade de rotação do parafuso afeta o grau de cisalhamento desenvolvido e, também, a duração do tempo de residência dentro do extrusor. Um fator

importante de identificação de um extrusor é a relação do comprimento (L) do barril com o diâmetro (D) da matriz, indicada por L/D, que varia entre 15 e 25 no caso de processo de alimentos.

O parafuso, ao girar no interior do barril ou cilindro, empurra o alimento na direção da matriz, revirando-o e pressionando-o contra as paredes do cilindro, e exercendo sobre ele um trabalho de cisalhamento, transformando-o em uma massa uniforme. O alimento absorve calor por dissipação viscosa da energia mecânica aplicada no parafuso. Quando há necessidade de resfriamento, este é obtido através de um sistema utilizando-se água fria. O tempo de residência do alimento no extrusor é de poucos segundos e varia com o desenho do parafuso e a sua velocidade de rotação.

A matriz consiste em um orifício de diâmetro bastante reduzido em relação ao diâmetro do barril, que tem como função criar uma barreira para a saída do material extrusado, contribuindo assim para o aumento da pressão no interior do equipamento. Além disso, a matriz é confeccionada de modo a conferir o formato desejado para o produto como rodas, esferas, anéis, tubos, fitas, etc.

Fenômenos gerais relacionados ao processo da extrusão

Fenômenos de naturezas físico-química, microbiana, funcional e nutricional ocorrem durante o processamento por extrusão, visto que nessa modalidade de cozimento, as matérias-primas e ingredientes, com teores de umidade variáveis, são submetidos a severo tratamento térmico, a alta pressão e a intenso cisalhamento. Esses fenômenos podem ser subdivididos em três grandes grupos: a) fenômenos de natureza puramente operacional; b) fenômenos de natureza físico-química; c) fenômenos de ordem química e microbiológica (CAMARGO et al., 1988).

Fenômenos de natureza puramente operacional

Transporte: configura-se como uma função fundamental do extrusor. Precauções devem ser tomadas quanto ao controle da alimentação e acondicionamento da matéria-prima, a fim de que o processo seja contínuo, sem interrupções e com uma vazão uniforme. A velocidade do transporte e a vazão dependem da geometria, dimensão e configuração da rosca, dimensões do cilindro, tipo de matéria-prima, conformação da matriz e rotação do eixo do extrusor.

Atrito: o intenso cisalhamento que sofre o material no interior do extrusor provoca grande atrito entre as partículas do material, as paredes do cilindro e a rosca do equipamento. Esse atrito gera calor suficiente para cozinhar e até fundir os alimentos, sem aplicação adicional de calor em determinados casos, ou ainda ser necessário utilizar refrigeração para remover parte desse calor.

Cisalhamento: durante o processo, a matéria-prima sofre intenso cisalhamento em virtude do tipo de fluxo, geometria e configuração da rosca e do cilindro, e da sua rotação. Esse fenômeno contribui para a plastificação e fusão do material.

Mistura: ocorre durante o transporte, em virtude do fluxo, da configuração da rosca e do cisalhamento produzidos no interior do cilindro do extrusor. Quando a mistura é adequada, contribui também para plastificação, homogeneização e fusão do material.

Transferência de calor: durante a extrusão, ocorre transferência de calor pelo atrito e/ou pela aplicação de calor adicional. A massa alimentícia funciona como fluido de transporte de calor, dissipando o calor gerado pelo atrito com as camisas do cilindro e, ao mesmo tempo, absorvendo o calor aplicado por estas. Os fenômenos de gelatinização, desnaturação e plastificação tornam a transferência de calor uma operação altamente complexa.

Pressão: como consequência do transporte, geometria e configuração da rosca e do cilindro do extrusor, da vazão de alimentação, assim como da restrição apresentada pela matriz, produz-se um gradiente de pressão que aumenta em direção à saída do extrusor. A pressão elevada é responsável pela evaporação “flash” e expansão que ocorrem no material ao sair da matriz.

Moldagem e expansão: o desenho e o tipo da matriz utilizada contribuem para o desenvolvimento da pressão no interior do extrusor e influencia, fundamentalmente, na forma do produto. A expansão e a velocidade de corte dão configuração e tamanho ao produto final.

Fenômenos de natureza físico-química

Plastificação: devido ao teor de umidade, ao calor absorvido, à mistura dos componentes, ao cisalhamento e, principalmente, às características físico-químicas, o material processado se transforma do estado sólido inicial para o estado fluido, praticamente fundido, tornando-se plastificado, o que

contribui para a expansão de determinados produtos amiláceos em baixa umidade.

Desnaturação: os materiais protéicos processados por extrusão, em virtude do atrito, cisalhamento e, principalmente, devido ao calor aplicado, sofrem um drástico efeito de desnaturação que modifica, substancialmente, as estruturas nativas. Esses fatores interferem na estrutura final do produto.

Gelatinização: os materiais amiláceos submetidos ao calor, atrito, cisalhamento, e em condições de umidade adequadas, sofrem uma ruptura estrutural do amido, que modifica profundamente suas características iniciais, alterando suas propriedades, dentre elas a absorção de água, a solubilidade e a viscosidade.

Aglomeración e orientação de estruturas: normalmente, as matérias-primas têm os seus tamanhos de partículas reduzidos. Durante a extrusão, em razão do calor, da umidade e de outros fatores já mencionados, as partículas são aglomeradas e compactadas e, através do transporte e passagem pela matriz, as estruturas são fisicamente acomodadas e orientadas, permitindo, então, no caso de materiais protéicos, a obtenção de novas estruturas fibrosas que se assemelham às estruturas naturais da carne.

Fenômenos de ordem química e microbiológica

Caramelização e reação de Maillard: a caramelização envolve, fundamentalmente, açúcares, enquanto a reação de Maillard envolve reações químicas entre açúcares redutores e compostos nitrogenados. Ambos os fenômenos são responsáveis pela formação de cor e, eventualmente, podem conferir características indesejáveis ao produto final extrusado.

Redução de fatores tóxicos, antinutricionais e de microorganismos: a redução se deve principalmente aos efeitos do calor, umidade, cisalhamento e pressão. A extrusão funciona então como valiosa operação de tratamento térmico, tornando desnecessário um pré-processamento, com sua conseqüente contaminação microbiológica. Esse tratamento térmico reduz, substancialmente, a carga microbiana e melhora, sensivelmente, o sabor. Fatores que prejudicam a qualidade sensorial são destruídos e inibidores de crescimento e enzimas são inativados durante o processo. Assim, os produtos possuem longa vida de prateleira sem refrigeração, apresentando-se com uma baixa contagem total em placa e livres de patógenos (CHANG e WANG, 1999).

O Processamento Térmico de Leguminosas

O processamento de farinhas de leguminosas, especialmente de feijões, com os objetivos mais variados, representa um procedimento praticado desde o final da década de 70, inclusive por pesquisadores brasileiros. O processamento por extrusão trata-se, antes de tudo, de uma maneira não-convencional de preparação de um alimento passível de ser submetido a essa modalidade de cozimento.

O processamento de leguminosas por extrusão apresenta nítidas vantagens sobre a cocção convencional com água, sobretudo quando se trata de grãos estocados por longos períodos de tempo. Phillips e McWatters (1991), assim como Liu et al. (1993), referiram que o caupi é uma das leguminosas que apresentam tendência a desenvolver um defeito denominado *hard-to-cook* (retardo no tempo de cocção), quando submetido à estocagem prolongada em alta temperatura e umidade, o que inviabiliza o seu consumo. Esse fato não deixa de ser relevante, embora Onigbinde e Onobun (1993) tenham relatado que um pH alcalino da água de cocção atenua o problema.

Constatada a vantagem da extrusão termoplástica sobre as modalidades convencionais de processamento, diversos pesquisadores desenvolveram estudos a respeito. Alexandridis (1985) estudou os efeitos do teor de umidade, temperatura do cilindro e velocidade do parafuso sobre a taxa de escoamento, textura, temperatura, densidade e umidade final da farinha de soja (*Glycine max*, L.). Cardoso Filho (1993) analisou os efeitos da combinação de variáveis como, temperatura de extrusão, umidade da matéria-prima e velocidade do parafuso, sobre as características funcionais e nutritivas da farinha de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.).

Elías et al. (1976) estudaram os efeitos do pré-cozimento sobre o valor nutricional do feijão-preto (*Phaseolus vulgaris*), do feijão-caupi (*Vigna sinensis*) e da ervilha. Amostras moídas e inteiras do grão cru foram embebidas por 18 horas e então cozidas em uma autoclave a 15 lb/pol² de pressão por 15, 30 e 45 minutos. No caso do caupi, outros métodos de cocção foram estudados: torração por 30 minutos a 210 °C e 240 °C, cozimento em tacho aberto a 90 °C e 95 °C durante 45 minutos, e cozimento por extrusão. As amostras cozidas de feijão-preto, caupi e ervilha foram secadas e moídas. Determinaram-se a composição de aminoácidos, a concentração

de lisina disponível e a atividade do inibidor de tripsina das amostras cruas e processadas. Os teores de proteína e sua digestibilidade foram determinados por meio de ensaios de alimentação de ratos. Dados obtidos dos grãos crus mostraram que caupi e ervilha tinham a mais alta concentração de aminoácidos sulfurados, porém uma mais baixa concentração de lisina, comparando-se com o feijão-preto. A atividade do inibidor de tripsina (AIT) do feijão-preto cru foi muito mais alta que a do caupi cru. A AIT da ervilha indicou valor intermediário. A cocção diminuiu significativamente a AIT dos grãos inteiros. Os efeitos do cozimento sobre a AIT dos grãos pré-moídos foram discretos. O valor nutricional e a digestibilidade das amostras cozidas pré-moídas foram, consideravelmente, mais baixos em relação aos grãos inteiros cozidos. O valor nutricional protéico do caupi cozido pré-moído foi especialmente baixo. Caupi e ervilha necessitaram de um cozimento por apenas 15 minutos para atingir um valor nutricional protéico máximo. O feijão-preto necessitou de cozimento por mais de 30 minutos. Os autores concluíram que a moagem dos grãos antes da cocção forneceu resultados não significativos, que são atribuídos à baixa transferência de calor característica do produto.

O processamento do feijão-caupi por extrusão

Há pelo menos três décadas, o caupi vem sendo alvo de intensos estudos, não só por parte de pesquisadores brasileiros, mas, também, por grupos estrangeiros. Os efeitos do processamento por extrusão sobre as propriedades de diversas ordens do caupi vêm ocupando as atenções dos pesquisadores.

As proteínas apresentam uma variedade muito extensa de comportamento durante a extrusão, que se deve, provavelmente, às largas diferenças em suas propriedades de associação (ARÉAS, 1992).

Jorge João et al. (1980) estudaram os efeitos da extrusão (Brady Crop Cooker) a 290 °C a 300 °C sobre o valor nutritivo de misturas preparadas à base de feijão-caupi/milho (65%/25%) e de feijão-caupi/mandioca (72%/18%). O valor nutricional protéico das misturas cruas e dos produtos extrusados foi avaliado por meio de ensaios de alimentação de ratos, com e sem suplementação com metionina. Foram observados o crescimento dos ratos e os quocientes de eficiência protéica (PER). Para ambas as misturas, o PER foi melhorado pela extrusão e/ou suplementação com metionina.

O PER dos produtos extrusados com suplementação de metionina apresentou um valor de 2,6 para ambas as misturas. A adição de metionina teve um efeito positivo não só sobre a mistura farinácea crua, como também sobre as misturas extrusadas, devido ao fato de ambas serem deficientes nesse aminoácido.

Por outro lado, uma melhor qualidade protéica foi encontrada na mistura extrusada preparada com caupi/milho, não suplementada com metionina, quando comparada à mistura caupi/mandioca tratada sob as mesmas condições. Esse efeito pode ser devido à melhor dotação de aminoácidos essenciais encontrada nas amostras de caupi/milho. Os autores admitiram que o processo de aquecimento relacionado à extrusão pode causar alterações na fração de carboidratos das sementes das leguminosas e, por conseguinte, uma melhor utilização de suas proteínas. Finalizaram ressaltando a importância da realização de novos estudos na tentativa de explicar esse efeito particular, já que o processo de extrusão oferece muitas vantagens e pode chegar a se constituir num recurso tecnológico importante.

Cabezas et al. (1982) conduziram estudos para avaliar os efeitos do cozimento por autoclave e do processamento por extrusão na suplementação com DL-metionina sobre o valor nutricional de feijões-caupi (*Vigna sinensis*). Constataram que o conteúdo de lisina disponível, de 6,3 g/16 g N, foi reduzido para 5,7 g/16 g N nas amostras cozidas por autoclave e naquelas processadas por extrusão. A atividade do inibidor de tripsina foi eliminada pelo cozimento por autoclave, mas apenas levemente reduzida pelo processamento por extrusão. O quociente de eficiência protéica (PER) não foi afetado nem pelo cozimento por autoclave nem pelo processamento por extrusão, mas foi acentuado pela suplementação com DL-metionina.

Phillips et al. (1983) extrusaram farinhas grossas de caupi com teores de umidade variando entre 20% e 40%, a temperaturas controladas de 150 °C, 175 °C e 200 °C. As amostras de caupi foram descorticadas grosseiramente por quebra das sementes e seguida da aspiração da película que envolve os grãos. Os extrusados foram estocados para posterior avaliação nutricional e reológica. Os autores constataram que as propriedades de textura foram altamente afetadas pela umidade e temperatura do barril. O PER não apresentou valores significativamente diferentes, nem entre as amostras de extrusados, nem entre os secados por tambor, nem entre os fritos em banho de gordura e nem entre as farinhas cruas de

caupi. No entanto, a digestibilidade *in vitro* foi maior para os produtos extrusados.

Pham e Del Rosário (1984a) estudaram o efeito da temperatura, velocidade do parafuso, do teor de umidade e do pH sobre as propriedades da proteína do caupi e de outras leguminosas processadas por extrusão. Sob a alta temperatura do processo e o baixo teor de umidade, o aumento na velocidade do parafuso resultou na diminuição do índice de solubilidade do nitrogênio. Os valores da capacidade de absorção de água (WAC) aumentaram com a elevação do pH, rotação da rosca, temperatura do processo e com a diminuição do teor de umidade na farinha de caupi com baixo teor de proteína. Os valores da WAC diminuíram em todas as farinhas com alto teor de umidade. Os autores observaram que, durante o processo de extrusão, o decréscimo nas solubilidades dos produtos extrusados pode ser devido ou à formação de interações não-covalentes ou à formação de novas ligações dissulfídicas.

Pham e Del Rosário (1984b) avaliaram perdas de lisina disponível em caupi extrusado por uma equação de regressão usando a temperatura de processo, a velocidade do parafuso, o pH tampão e o teor de umidade, como as principais variáveis independentes. Constataram, efetivamente, que a destruição da lisina disponível foi influenciada pela temperatura do processo, teor de umidade, velocidade do parafuso e pH. Os açúcares totais liberados aumentaram com o aumento da temperatura, com o teor de umidade dos produtos e com a diminuição da velocidade do parafuso e do pH. O nível médio de açúcares totais foi de 16,25 mg/g nos extrusados de caupi. Os gráficos de contorno mostraram que o valor da retenção de lisina disponível seria melhorado se a concentração de açúcares redutores e totais dos produtos fosse reduzida.

Cabezas et al. (1982) realizaram um interessante estudo envolvendo a composição química da amostra de caupi cru, em autoclave e extrusado, e observaram um apreciável teor protéico e a lisina disponível (Tabela 1).

A composição em aminoácidos do caupi tem sido alvo de intensos estudos, nos quais se confirmou, em consenso, o seu relativo alto teor de lisina e seu baixo teor de aminoácidos sulfurados, constituindo-se, em determinados casos, fatores limitantes. A lisina, o aminoácido limitante nos cereais, é um dos mais reativos nas proteínas, pois a sua retenção em produtos extrusados é de suma importância como indicador de alterações

Tabela 1. Composição química de feijão-caupi cru e processado.

Componentes	Tratamento		
	Cru	Autoclave	Extrusão
Umidade (%)	8,7	6,6	8,1
Proteína bruta (%)	21,9	22,0	24,3
Extrato etéreo (%)	2,5	2,6	3,0
Fibra bruta (%)	2,4	2,8	2,2
Cinzas (%)	3,5	3,7	3,8
Extrato livre de nitrogênio (%)	69,7	68,9	66,2
Metionina (g/16g N)	1,3	1,2	1,1
Lisina disponível (g / 16g N)	6,3	5,7	5,7
Inibidores de tripsina (UIT/g N solúvel)	58,1	0,0	50,0
Taninos (%)	0,4	0,4	0,4
Amido total (%)	50,7	44,9	42,1
Amido danificado	0,3	22,5	30,5

Fonte: Cabezas et al. (1982).

em processos térmicos (KOCHHAR, 1988; ASP e BJORCK, 1989). Sob condições severas de processamento, a disponibilidade de aminoácidos e a digestibilidade da proteína podem ficar reduzidas, fato que leva várias pesquisas a relacionarem a perda da lisina aos parâmetros críticos de controle operacional. Cheftel (1986) conclui que, para minimizar a perda da lisina, a temperatura do processo deverá ser mantida abaixo de 180 °C, principalmente para um teor de umidade abaixo de 15%, pois a maior parte das pesquisas sobre as alterações que a proteína sofre durante o processamento por extrusão tem-se concentrado sobre os grupos ϵ -amino livres da lisina e tem-se estabelecido que a concentração desses grupos diminui após a extrusão.

Ledward e Tester (1994), procedendo a um estudo a respeito das transformações moleculares que o processo de extrusão imprime aos alimentos protéicos, admitiram que a quantidade de lisina disponível, ou seja, daquela lisina que possui o grupo ϵ -amino livre, diminui em mais de 50%, dependendo da severidade do processamento e de outros fatores. Todavia, sugeriram a possibilidade de essa redução estar seguramente relacionada com o desenvolvimento de uma estrutura dura do produto. Para isso, considerou-se que as ligações covalentes que se formaram são, provavelmente, muito fortes, provocando a referida redução.

Alterações funcionais das proteínas no processo de extrusão

A desnaturação é qualquer alteração na estrutura de uma proteína que não envolva a quebra de ligações peptídicas (CHEFTEL et al., 1985). As proteínas nativas são desnaturadas durante o processo de extrusão. As forças que estabilizam as estruturas terciária e quaternária das proteínas são enfraquecidas pela combinação do aumento da temperatura e do cisalhamento dentro do extrusor, pois moléculas protéicas se desdobram e se reorganizam com o escoamento do material em direção à matriz (HARPER, 1986). Duas proteínas ou mais podem ser misturadas e, juntas, proporcionarem melhor qualidade protéica que qualquer uma delas isoladamente, pois há complementação de aminoácidos.

Bhattacharya et al. (1986) afirmaram que o processo de extrusão de dupla rosca, em particular, permite realizar misturas de duas fontes de proteínas fisicamente diferentes, para obtenção de um novo material extrusado de qualidade protéica ainda melhor. A transformação na proteína durante a extrusão envolve, simultaneamente, a desnaturação termomecânica e o cruzamento de ligações. Primeiramente, os resíduos de aminoácidos ocultos se tornam expostos e ficam livres para reagir com açúcares redutores e outros componentes do alimento. Em seguida, a exposição de resíduos hidrofóbicos, tais como fenilalanina e tirosina, reduzem a solubilidade no extrusado protéico em sistemas aquosos, tanto quanto os fatores que favorecem a desnaturação protéica, como temperaturas altas e aumento no tempo de residência (CAMIRE et al., 1990). A formação de ligação dissulfeto também foi apontada como responsável pela redução da solubilidade do nitrogênio em farinhas de leguminosas texturizadas por extrusão.

Produtos altamente protéicos, que também acusaram baixa solubilidade do nitrogênio, tiveram esse comportamento atribuído a uma maior desnaturação e, portanto, à agregação de moléculas protéicas (PHAM e DEL ROSÁRIO, 1984a). Dessa forma, a medida da solubilidade de uma proteína extrusada pode indicar o grau de desnaturação protéica, bem como o efeito sobre as suas propriedades funcionais (CAMIRE et al. 1990). Outros fatores que influenciam a desnaturação são os componentes das paredes celulares, assim como os altos níveis de gordura e/ou de umidade, que podem proteger as proteínas celulares de temperaturas excessivas (SHEARD et al., 1986).

Lira Filho e Chang (2002) encontraram na composição centesimal da farinha integral de caupi cultivar EPACE-10 valores de componentes simila-

res aos encontrados por outros pesquisadores nacionais e estrangeiros. A pesquisa envolveu o processo por extrusão num equipamento de laboratório monorroscas "BRABENDER", modelo 20 D/N-GNF 101412, e baseou-se num delineamento experimental de 20 ensaios empregando o método estatístico de Metodologia de Superfície de Resposta (RSM). As influências das variáveis temperatura, umidade e rotação da rosca, em efeitos combinados, foram avaliadas sobre as características físico-químicas e funcionais do feijão-caupi. Na avaliação dos produtos após o processo, os autores observaram que as diferentes condições de processamento influenciaram, bastante, as características físico-químicas da matéria-prima, tais como: expansão, densidade, solubilidade, absorção de água, mas muito pouco influenciaram as características funcionais dos extrusados. Durante a extrusão, não ocorreu alteração significativa no componente protéico, pois na farinha integral foi observado teor protéico em torno de 23,5%, enquanto que na média dos ensaios o teor foi de 25,3%.

A alteração da digestibilidade em decorrência do processo, em alguns ensaios, situou-se na faixa de 5%, o que corrobora a afirmativa de Camire (1991), segundo a qual a melhoria na digestibilidade protéica, passível de se detectar em processo de extrusão, geralmente situa-se em torno desse percentual. A determinação da lisina disponível mostrou perda de até 55% em determinados ensaios, comprovando os relatos de Ledward e Tester (1994), quando afirmaram que, dependendo da severidade do tratamento e de outros fatores, a quantidade da lisina disponível pode sofrer uma perda de mais de 50%. O aminograma dos extrusados revelou em todas as amostras um baixo teor de aminoácidos sulfurados, especialmente a metionina, além de um expressivo teor de ácido glutâmico. No entanto, o processo de extrusão não afetou, consideravelmente, o teor de quase todos os aminoácidos, em relação à matéria-prima.

Referências

- ALEXANDRIDIS, N. A. Effects of process variables on the physical and chemical properties of extrusion cooked soy flour. **Dissertation Abstracts International**, v. 45, n. 7, p. 1983, 1985.
- ARÉAS, J. A. G. Extrusion of food proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 32, n. 4, p. 365-392, 1992.
- ASP, N. G.; BJÖRCK, I. Nutritional properties of extruded foods. In: MERCIER, C.; LINKO, P.;

- HARPER, J.M., (Ed.). **Extrusion cooking**. St Paul: A.A.C.C., 1989. cap 14, p. 399-434.
- BEVITORI, R.; NEVES, B. P. das; RIOS, G. P.; OLIVEIRA, I. P. de; GUAZZELLI, R. J. A cultura do caupi. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 174, p. 12-20, 1992.
- BHATTACHARYA, M.; HANNA, M. A.; KAUFMAN, R. E. Textural properties of extruded plant protein blends. **Journal of Food Science**, v. 51, n. 4, p. 988-993, 1986.
- CABEZAS, M. T.; GARCIA, J.; MURILO, B.; ELÍAS, L. G.; BRESSANI, R. Valor nutritivo del frijol caupi crudo y procesado. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 32, n. 3, p. 543-558, 1982.
- CAMARGO, C. R. O.; DIAZ, N. M.; GUTIERREZ, R. H. **Tecnologia de extrusão**: produtos texturizados e expandidos. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia "André Tosello", 1988. Paginação irregular.
- CAMIRE, M. E. Protein functionality modification by extrusion cooking. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v. 68, n. 3, p. 200-205, 1991.
- CAMIRE, M. E.; CAMIRE, A.; KRUMHAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 29, n. 1, p. 35-57, 1990.
- CARDOSO FILHO, N. **Efeito de algumas variáveis do processo de extrusão nas características funcionais e nutricionais da farinha de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. 1993. 128 p. Dissertação (Mestrado) - FEA, Unicamp, Campinas.
- CHANG, Y. K.; WANG, S. S. **Advances in extrusion technology**: aquaculture/ animal feeds and foods. Lancaster: Technomic, 1999. v. 1, 422 p.
- CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion-cooking. **Food Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 263-283, 1986.
- CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. Amino acids, peptides, and proteins. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Food chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1985.
- DELLA GATA, C.; PIERGIOVANNI, A. R.; Ng, N. Q.; CARNOVALE, E.; PERRINO, P. Trypsin inhibitor levels in raw and cooked cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 22, n. 2, p. 78-80, 1989.
- ELIAS, L. G.; HERNANDEZ, M.; BRESSANI, R. The nutritive value of precooked legume flours processed by different methods. **Nutrition Reports International**, v. 14, n. 4, p. 385-403, 1976.
- HABIB, F. G. H.; RIAD, W. Y.; MORCOS, S. R. Nutritional value of some pea grown in Egypt. **Bulletin of the Nutrition Institute of the Arab Republic of Egypt**, v. 9, n. 1, p. 53-60, 1989.
- HARPER, J. M. Extrusion texturization of foods. **Food Technology**, v. 40, n. 3, p. 70-76, 1986.
- JORGE JOÃO, W. S.; ELÍAS, L. G.; BRASSANI, R. Efecto del proceso de coccion-extrusion (brady crop cooker) sobre el valor nutritivo de mezclas elaboradas a base de frijol caupi (*Vigna*

- sinensis*)-maiz, y de frijol caupi-yuca. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 30, n. 4, p. 539-550, 1980.
- KHAN, R. I.; GATEHOUSE, J. A.; BOULTER, D. The seed proteins of cowpea (*Vigna unguiculata* L.Walp). **Journal of Experimental Botany**, v. 31, n. 125, p. 1599-1611, 1980.
- KOCHHAR, N.; WALKER, A. F.; PIKE, D. J. Effect of variety on protein content, amino acid composition and trypsin inhibitor activity of cowpeas. **Food Chemistry**, v. 29, n. 1, p. 65-78, 1988.
- LAZARD, L. Comment tirer le meilleur parti de l'extrusion. **Industries alimentaires et agricoles**, v. 110, n. 4, p. 229-231, 1993.
- LEDWARD, D. A.; TESTER, R. F. Molecular transformation of proteinaceous foods during extrusion processing. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, p. 117-120, 1994.
- LIRA FILHO, J.; CHANG, Y. K. **Efeitos da extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas e nutritivas das proteínas de farinha integral de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. 258 f. 2002. Tese (Doutorado) - FEA, Unicamp, Campinas.
- LIU, K.; PHILLIPS, R. D.; McWATTERS, K. H. Induced hard-to-cook state in cowpeas by freeze-thawing and calcium chloride soaking. **Cereal Chemistry**, v. 70, n. 2, p. 193-195, 1993.
- ONIGBINDE, A. O.; ONOBUN, V. Effect of pH on some cooking properties of cowpea (*V. unguiculata*). **Food Chemistry**, v. 47, n. 2, p. 125-127, 1993.
- PHAM, C. B.; DEL ROSARIO, R. R. Studies on the development of texturized vegetable products by the extrusion process. I. Effect of processing variables on protein properties. **Journal of Food Technology**, v. 19, n. 5, p. 535-547, 1984a.
- PHAM, C. B.; DEL ROSARIO, R. R. Studies on the development of texturized vegetable products by the extrusion process. II. Effects of extrusion variables on the available lysine, total and reducing sugars. **Journal of Food Technology**, v. 19, n. 5, p. 549-559, 1984b.
- PHILLIPS, R. D.; McWATTERS, K. H. Contribution of cowpeas to nutrition and health. **Food Technology**, v. 45, n. 9, p. 127-130, 1991.
- PONTE, N. T. da. **Aspectos do feijão caupi no estado do Pará**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-IITA, 1979. 19 p. (Mimeografado).
- SEBIO, L.; CHANG, Y. K. **Desenvolvimento de plástico biodegradável a base de amido de milho, gelatina e glicerol pelo processo de extrusão: avaliação das propriedades mecânicas, de barreira e térmicas**. 220 f. 2003. Tese (Doutorado) - FEA, Unicamp, Campinas.
- SHEARD, P. R.; FELLOWS, A.; LEDWARD, D. A.; MITCHELL, J. R. Macromolecular changes associated with the heat treatment of soya isolate. **Journal of Food Technology**, v. 21, n. 1, p. 55-60, 1986.
- SMITH, O. B. Extrusion and forming: creating new foods. **Food Engineering**, v. 17, n. 7, p. 48-50, 1975.

Literatura Recomendada

ARORA, S. K.; DAS, B. Cowpea as potential crop for starch. **Starch/Stärke**, v. 28, n. 5, p. 158-160, 1976.

FASHAKIN, J. B.; FASANYA, J. I. Chemical composition and nutritive changes of some improved varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*). I. Some selected varieties from the International Institute for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. **Tropical Science**, v. 28, n. 2, p. 111-118, 1988.

FASHAKIN, J. B.; OJO, F. A. Chemical composition and nutritive changes of some improved varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*, L. Walp). II. New breeds of varieties from the International Institute for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. **Tropical Science**, v. 28, n. 3, p. 191-199, 1988.

KACHARE, D. P.; CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S. Nutritional quality of some improved cultivars of cowpea. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 38, n. 2, 155-162, 1988.

LONGE, O. G. Carbohydrate composition of different varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Food Chemistry**, v. 6, n. 2, p. 153-161, 1980.

MAFRA, R. C. **Contribuição ao estudo da cultura do "feijão macassar": fisiologia, ecologia e tecnologia da produção**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP: IITA, 1979. 39 p. (Mimeografado).

OLIVEIRA, P. C. de. **Respostas do feijão e do milho à situações de estresse hídrico sob plantio de sequeiro em regiões do semi-árido (fases do ciclo fenológico): Revisão Bibliográfica**. Fortaleza: Fundação Cearense de Meteorologia e de Recursos Hídricos, 1993. 26 p.

OMUETI, O.; SINGH, B.B. Nutritional attributes of improved varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Human Nutrition: Food Sciences and Nutrition**, v. 41 f, n. 2., p. 103-112, 1987.

ONYENEKWE, P. C.; NJOKU, G. C.; AMEH, D. A. Effect of cowpea (*Vigna unguiculata*) processing methods on flatulence causing oligosaccharides. **Nutritional Research**, v. 20, n. 3, p. 349-358, 2000.

PHILLIPS, R. D.; BAKER, E. A.; KENNEDY, M. B.; CHINNAN, M. S.; RAO, V. N. M. Production, textural, and nutritional properties of extruded foods from cowpea meal. **Proceedings of the 6th International Congress of Food Science and Technology**, v. 1, p. 122-123, 1983a.

VILELA, E. R. **Produção, caracterização e extrusão de farinha de guandu**. 1983. 149 f. Tese (Doutorado) - FEA. Unicamp, Campinas.

6 Utilização do Feijão-Caupi para Elaboração de Acarajé /Akara

Priscila Ximenes Moreira

Antonio Calixto Lima

Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo

Edy Sousa de Brito

Introdução

O acarajé é uma iguaria presente especialmente nas cozinhas brasileira e nigeriana, muito consumida na Bahia, geralmente como “comida de rua”. Na África, é chamado de *àkàrà*, enquanto *je* significa comer. No Brasil, foram unidas as duas palavras acarajé. Manuel Querino em “A arte culinária na Bahia”, de 1916, conta que “no início, o feijão fradinho era ralado na pedra de 50 cm de comprimento por 23 cm de largura, tendo cerca de 10 cm de altura. A face plana, em vez de lisa, era ligeiramente picada por canteiro, de modo a torná-la porosa ou crespa. Um rolo de forma cilíndrica, impelido para frente e para trás, sobre a pedra, na atitude de quem mói, triturava facilmente o milho, o feijão, o arroz”, explica o autor da primeira descrição etnográfica do acarajé.

Akara é um alimento popular da África Ocidental, feito a partir de caupi embebido em água, decorticado e submetido à moagem úmida. A preparação tradicional envolve a imersão de sementes secas de caupi em água para afrouxar a película (decorticação manual), seguida da maceração dos cotilédones úmidos, formando uma massa espessa. As mulheres africanas removem a película da semente devido à preferência estética por produtos acabados de cor clara e por acharem que sementes com películas causam problemas de digestibilidade, especialmente em crianças. A remoção da

película e moagem úmida por processos manuais são as etapas que consomem mais tempo e trabalho na preparação da massa. A massa densa é diluída com adição de água, batida até se obter uma estrutura de espuma, misturada com tempero (pimenta fresca, cebola fresca e sal) e frita em óleo quente. O *akara* é bastante consumido como refeição matinal ou merendas. A massa é também usada como principal ingrediente do *moin moin*, que é temperado e então cozido em vapor para formar um gel amido-proteína.

Conforme Falade et al. (2003), o *akara* é o produto alimentício mais popular obtido do caupi, na África. Por ser um produto frito, tem vida de prateleira muito curta. Uma outra descrição da tecnologia para produção de acarajé envolve trituração do caupi, para facilitar a separação da película do grão, seguida por um breve período de imersão na água para condicionar os cotilédones. A moagem úmida dos cotilédones já condicionados é feita com a adição de uma pequena quantidade de água para produzir uma massa com baixo conteúdo de umidade. A massa é temperada com sal, batida e frita em óleo vegetal quente em duas rápidas sucessões, para obter um produto de textura dura, de cor amarronzada e com baixa umidade. Apesar de o acarajé ser obtido da mesma forma do *akara*, é surpreendente a escassez de estudos no Brasil com o acarajé.

As principais limitações ao uso do caupi são o alto tempo de processo e o baixo conteúdo de aminoácidos essenciais contendo enxofre. Entretanto, através do uso de tecnologias melhoradas, a massa do caupi pode ser preparada a partir de farinha de caupi processada. A soja (*Glycine max*), que tem proteína de alta qualidade, com elevado teor de aminoácidos sulfurados, poderia ser um bom suplemento em produtos com caupi. Suplementando caupi com soja, elimina-se o problema inicial da qualidade nutricional, mas pode haver outros problemas, especialmente com relação à textura e absorção de umidade durante a estocagem. O acarajé elaborado com diferentes níveis de substituição por soja apresentou casca com cor marrom, como resultado do escurecimento não-enzimático durante a fritura. A força de quebra da massa diminui à medida que o nível de substituição do feijão pela soja aumenta. Isso deveu-se, provavelmente, ao decréscimo no teor de amido e ao aumento no teor de proteínas da farinha mista, quando comparada com a farinha do caupi. Embora a soja contenha aproximadamente 30% de carboidrato solúvel, tem pouco ou nenhum amido. Os carboidratos solúveis da soja consistem, fundamentalmente, de estaquiose, rafinose e

manose, açúcares não fermentescíveis para humanos e que causam flatulência. A diluição desses açúcares por meio da mistura com caupi reduz o potencial da soja em causar flatulência. Entretanto, a diluição do amido por esses açúcares e outros componentes que são mais abundantes em soja, por exemplo, gorduras e proteínas, reduz a força de ligação da massa, que é devida ao amido. A massa de soja não liga e não pode ser frita ou cozida sem a adição de amido de fonte externa.

Diversos métodos têm sido pesquisados para determinar se o processo de obtenção do *akara* poderia ser simplificado. Um método que tem sido investigado extensivamente é o uso de farinha de caupi reidratável, que resulta em um produto mais denso que o obtido pelo processo tradicional de moagem úmida, devido às propriedades funcionais, que são afetadas por fatores como o tamanho das partículas e o tempo de hidratação. Bater a massa é essencial para a formação de uma estrutura espumante. Uma dispersão de bolhas de gás em um líquido ajuda, inclusive, a distribuir as bolhas de ar. Propriedades espumantes são importantes para a textura característica do acarajé. Amostras feitas de massa de farinha batida têm textura de qualidade indesejável por causa da inconsistência da massa batida.

Outros pesquisadores têm demonstrado que diferentes cultivares de caupi apresentam diferentes propriedades de manuseio da massa e características de fritura. A produção de acarajé depende do conteúdo de umidade da pasta. Uma simplificação do processo de obtenção de acarajé poderia ser a eliminação da etapa de decorticação (o processo de remoção da película do grão). Isso poderia diminuir o tempo de preparo do acarajé, ao mesmo tempo permitindo a retenção da fibra presente na película do grão. Estudos recentes têm avaliado a aceitação do consumidor por acarajé, mostrando que existe possibilidade para esse produto no mercado americano.

Influência das condições de processo na qualidade do *akara*

Germinação

Normalmente, a germinação de grãos com fins alimentícios tem como um dos objetivos a redução de açúcares que causam a flatulência. Estudos com *akara* feito de caupi germinado demonstraram que o produto não diferiu

do não germinado nos teores de umidade e conteúdo de gordura. Entretanto, dureza, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade, conforme determinado por análise do perfil de textura, foram maiores para *akara* de sementes germinadas. A coesividade não variou. A cor do *akara* de sementes germinadas foi levemente mais escura que a do controle. Os provadores deram notas para umidade, maciez e sabor significativamente mais baixas para *akara* de semente germinada que *akara* do controle. O efeito da germinação sobre a qualidade do *akara* também foi avaliado por Nnanna et al. (1990a). A germinação melhorou significativamente a cor do *akara*, mas reduziu ligeiramente os valores dos atributos sensoriais de umidade, maciez e sabor. A aceitabilidade global não foi reduzida pela germinação.

Temperatura

Diversos fatores afetaram a qualidade de *akara* feito de farinha de caupi usando a tecnologia CRSP (Bean/Cowpea Collaborative Research Support Program). O caupi estocado em temperaturas entre 2 °C e 21 °C antes da moagem produziu *akara* com melhor qualidade sensorial que o obtido com sementes armazenadas a 35 °C. Sementes desidratadas sob temperaturas moderadas (50-90 °C), após terem sido umidificadas e temperadas antes da decorticação mecânica, produziram *akara* altamente aceitável. Por outro lado, o emprego de temperaturas mais altas (110 °C a 130 °C) resultou em secagem mais rápida das sementes, mas produziu *akara* de qualidade inferior. Caupi desidratado a altas temperaturas sofreu desnaturação de proteínas (albuminas), que têm função essencial na fabricação de *akara*. A avaliação sensorial de *akara* preparado com caupi tratado (i.e. umedecido, temperado, desidratado) e não-tratado indicou que não existe diferença significativa em amostras submetidas a temperaturas de pré-decorticação entre 50 °C e 90 °C, quando comparadas ao caupi não-tratado.

Moagem

As condições de moagem têm um pronunciado efeito sobre a funcionalidade da massa e sobre a qualidade do produto final. Massa tradicional de acarajé moída úmida tem 64% de suas partículas com 50 mesh a 100 mesh de tamanho, e somente 16% de partículas finas (400 mesh). Em estudos de moagem usando moinho com peneira de diferentes orifícios (2,0 mm, 1,0 mm e 0,5 mm) e 60% de umidade para hidratar a farinha,

verificou-se que a peneira de 0,5 mm resultou em uma massa muito fluida, difícil de distribuir, e produziu bolas de *akara* extremamente disformes ou retorcidas. A malha de 2,0 mm produziu massa muito viscosa com boa formação de espuma, fácil de distribuir, e produziu bolas de *akara* com geometria uniforme. Entretanto, as partículas eram muito grandes e requeriam uma etapa adicional de mistura para se obter uma massa de consistência macia. A malha de 1,0 mm produziu farinha que se comportava mais como a massa tradicional quando hidratada, que as massas obtidas nas outras malhas, mas era de estrutura muito líquida para permitir bom manuseio da massa. Condições para a hidratação da farinha também foram investigadas, com níveis de água variando de 56% a 60%, tendo um maior efeito sobre as propriedades de manuseio da massa e qualidade do acarajé que o tempo de hidratação (0 min, 30 min e 60 min). Estudos posteriores mostraram que um moinho de martelo equipado com peneira de 1,6 mm e nível de hidratação de 58% produziu uma farinha de caupi que permitia bom manuseio da massa e bolas de *akara* com boa aceitação sensorial. O efeito do tempo de conservação sobre a qualidade do *akara* também foi avaliado. Produtos aceitáveis podem ser produzidos de massa mantida por menos de 60 min em hidratação.

Moinhos usando metodologias CRSP têm sido instalados e introduzidos na Nigéria. Moinhos de arroz e moinhos de placas, comumente encontrados nas vilas da Nigéria, foram incorporados nos processos de moagem, e secadores a diesel foram desenhados, construídos e instalados. Os moinhos são apropriados para produzir farinha de caupi e cereais, misturas nutricionais de caupi e cereais, e alimentos para desaleitamento. *Workshops* têm sido conduzidos nas vilas nigerianas para oferecer farinha de caupi aos moradores e instruí-los em seu uso, e a aceitação tem sido entusiástica.

A energia gasta pelas mulheres nigerianas no preparo de *akara* e *moin moin* no método tradicional de moagem úmida e hidratação da farinha de caupi foi determinado por Okeke et al. (1995) usando Oxylog, um instrumento portátil, que mede a ventilação pulmonar e o consumo de oxigênio. As mulheres gastaram 1,7 vezes mais energia preparando *akara* pelo processo tradicional de elaboração da massa de caupi que usando farinha de caupi, e 1,9 vezes mais energia preparando *moin moin* pelo processo tradicional. Embora o requerimento total de energia do método de preparação de *akara* usando farinha de caupi fosse significativamente menor que nos métodos

tradicionais, o requerimento de energia para aeração da massa para fazer o *akara* foi de aproximadamente 2,5 vezes maior que no método tradicional. O maior requerimento de energia foi atribuído à mais lenta solubilização das proteínas na farinha, requerida para formar e manter a estrutura de espuma. Maior tempo de embebição da massa foi sugerido como um meio para reduzir o requerimento de energia para a aeração.

Mistura com feijão (*Phaseolus vulgaris*)

Mbofung et al. (1999) avaliaram o efeito da substituição de caupi por feijão comum *Phaseolus vulgaris* (material de difícil cozimento) sobre as características nutricionais e sensoriais de *akara*. O caupi foi embebido por 60 min, e o feijão de difícil cozimento (*hard-to-cook*, HTC) durante 18 h, sendo separadamente decorticados, moídos e em seguida misturados nas seguintes proporções: 0:100; 25:75; 50:50; 75:25 e 100:0. Os autores concluíram que a densidade da massa e do *akara* cresceram com o aumento da concentração de feijão HTC. O *akara* feito com massa composta apresentou melhor perfil de aminoácidos, mas nenhuma diferença significativa foi observada na aceitação geral do *akara* feito com substituição de caupi superior a 50%. Assim, os autores concluíram que o caupi pode ser substituído por feijão HTC na produção de *akara*.

A farinha de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e do caupi (*Vigna unguiculata*) são alternativas atuais para a preparação de pratos locais tais como *koki* e *akara* em Camarões. Mbofung et al. (2002) estudaram a influência das condições de preparo da massa (tempo e velocidade de agitação) sobre a capacidade de expansão, além do efeito da temperatura, pH e concentração de sal na mistura sobre a capacidade de absorção de água (CAR), índice de solubilidade (IS) e capacidade de expansão (CE). Os resultados revelaram que um aumento na velocidade de agitação foi, de modo geral, acompanhado por um aumento da CE inicial. Mais agitação, após se ter atingido o máximo da CE, resultou em um decréscimo da CE. A capacidade de absorção de água e o índice de solubilidade da massa aumentaram com o aumento na concentração de sal de cozinha (NaCl) e do pH. A faixa de temperatura usada no ensaio não teve nenhuma influência sobre a CAR e IS ($P > 0,05$). A CE diminuiu com o crescimento da concentração de NaCl. A variação dos níveis dos diferentes fatores estudados mostrou que as condições ótimas do processo para obtenção de um bom produto foram pH variando de 4 a 10, concentração de NaCl de 0,5 M e temperatura de, aproximadamente,

30 °C. A aplicação dessas condições produziu *akara* com características sensoriais altamente aceitáveis.

Considerações Finais

Procurando aumentar a aceitação do *akara* pelos consumidores, coberturas comestíveis foram aplicadas para reduzir a absorção de óleo durante a fritura. Huse et al. (1998) verificaram que *akara* coberto absorveu significativamente menos óleo que o controle. Entretanto, as amostras cobertas aparentavam ser mais encharcadas e menos marrons que o controle.

A ampliação do uso do caupi e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade de vida das pessoas em países desenvolvidos e em desenvolvimento é algo que devemos buscar. A implementação de tecnologias de moagem do caupi, a ampliação do conhecimento sobre a sua utilização pelos consumidores e processadores e pelo setor de serviços requererá esforço de pesquisa, educacional e de *marketing*.

Referências

- FALADE, K. O.; ADEDEJI, A. A.; AKINGBALA, J. O. Effect of soybean substitution for cowpea on physical, compositional, sensory and sorption properties of akara Ogbomoso. **European Food Research and Technology**, v. 217, p. 492-497, 2003.
- HUSE, H. L.; MALLIKARJUNAN, P.; CHINNAN, M. S.; HUNG, Y. -C.; PHILLIPS, R. D. Edible coatings for reducing oil uptake in production of akara (deep-fat frying of cowpea paste). **Journal Food Processing**, v. 22, p. 155-165, 1998.
- MBOFUNG, C. M. F.; NJINTANGB, Y. N.; WALDRON, K. W. Functional properties of cowpea-next term-soy-dry red beans composite flour paste and sensorial characteristics of akara (deep fat fried previous termfood) next term: effect of whipping conditions, pH, temperature and salt concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 54, p. 207-214, 2002.
- MBOFUNG, C. M. F.; RIGBY, N.; WALDRON, K. W. Nutritional and sensory evaluation of akara made from blends of cowpea and hard-to-cook mottled brown dry beans. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 47, p. 5232-5238, 1999.
- NNANNA, I. A.; PHILLIPS, R. D.; MCWATTERS, K. H.; HUNG, Y. -C. Effect of germination on the physical, chemical, and sensory characteristics of cowpea products: flour, paste, and akara. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 38, p. 812-816, 1990.

Literatura Recomendada

ENWERE, N. J.; NGODDY, P. O. Effect of heat treatment on selected functional properties of cowpea flour. **Tropical Science**, v. 26, p. 223-232, 1986.

HUNG, Y. -C.; CHINNAN, M. S.; MCWATTERS, K. H. Effect of pre-decortication drying treatment on the textural quality of cowpea products: seeds and akara. **Journal of Food Science**, v. 53, p. 1778-1781, 1988.

HUNG, Y. -C.; MCWATTERS, K. H.; PHILLIPS, R. D.; CHINNAN, M. S. Effect of pre-decortication drying treatment on the microstructure of cowpea products. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 774-776, 807, 1990.

MCWATTERS, K. H.; CHINNAN, M. S. Effect of hydration of cowpea meal on physical and sensory attributes of a traditional West African food. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 444-446, 453, 1985.

MCWATTERS, K. H.; CHINNAN, M. S.; HUNG, Y. -C.; BRANCH, A. L. Effect of predecortication drying temperature on cowpea paste characteristics and functionality in preparation of akara. **Cereal Chemistry**, v. 65, p. 23-27, 1988.

MCWATTERS, K. H.; CHINNAN, M. S.; WORTHINGTON, R. E.; BEUCHAT, L. R. Influence of storage conditions on quality of cowpea seeds and products processed from stored seeds. **Journal Food Process Preservation**, v. 11, p. 63-76, 1987.

MCWATTERS, K. H.; ENWERE, N. J.; FLETCHER, S. M. Consumer response to akara (fried cowpea paste) served plain or with various sauces. **Food Technology**, v. 46, p. 111-114, 1992.

MCWATTERS, K. H.; FLETCHER, S. M.; RESURRECCION, A. V. A. Evaluation of the sensory quality of akara (fried cowpea paste) by teenage consumers. **Journal Food Quality**, v. 20, p. 117-125, 1997.

MCWATTERS, K. H.; HUNG, C. -Y. T.; HUNG, Y. -C.; CHINNAN, M. S.; PHILLIPS, R. D. Akara-making characteristics of five U.S. varieties of cowpeas (*Vigna unguiculata*). **Journal Food Quality**, v. 24, p. 53-65, 2001.

MCWATTERS, K. H.; RESURRECCION, A. V. A.; FLETCHER, S. M. Response of American consumers to akara, a traditional West African food made from cowpea paste. **International Journal Food Science Technology**, v. 25, p. 551-557, 1990.

MCWATTERS, K. H.; RESURRECCION, A. V. A.; FLETCHER, S. M.; PEISHER, A. V.; ANDRESS, E. L. Physical and sensory characteristics of akara (fried cowpea paste) made from whole and decorticated cowpeas (*Vigna unguiculata*). **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 26, p. 157-161, 1993.

- MCWATTERS, K.H. Compositional, physical, and sensory characteristics of akara processed from cowpea paste and Nigerian cowpea flour. **Cereal Chemistry**, v. 60, p. 333-336, 1983.
- MISRA, S. K.; FLETCHER, S. M.; MCWATTERS, K. H. Consumer acceptance of a new fast food: the case of akara. **Journal Food Production Market**, v. 3, p. 25-35, 1996.
- NGODDY, P. O.; ENWERE, N. J.; ONUORAH, V. I. Cowpea flour performance in akara and moin-moin preparations. **Tropical Science**, v. 26, p. 101-119, 1986.
- NNANNA, I. A.; PHILLIPS, R. D. Amino acid composition, protein quality, and water-soluble vitamin content of germinated cowpeas (*Vigna unguiculata*). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 39, p. 187-200, 1989.
- NNANNA, I. A.; PHILLIPS, R. D. Protein and starch digestibility and flatulence potential of germinated cowpeas. **Journal Food Science**, v. 55, p. 151-153, 1990.
- OKEKE, E. C.; ETTA, E. N.; NNANYELUGO, D. O. Energy expenditure on traditional activities by Nigerian women, monitored by Oxylog. **Food Nutrition Bulletin**, v. 16, p. 67-71, 1995.
- PATTERSON, S. P.; MCWATTERS, K. H.; HUNG, Y. -C.; CHINNAN, M. S.; PHILLIPS, R. D. Physico-chemical properties and consumer acceptability of akara (fried paste) made from three cowpea cultivars. **Food Research International**, v. 35, p. 691-696, 2002.
- PATTERSON, S. P.; PHILLIPS, R. D.; MCWATERS, K. H.; HUNG, Y. -C.; CHINNAN, M. S. Fat reduction affects quality of akara (fried cowpea paste). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 39, p. 681-689, 2004.
- PHILLIPS, R. D.; CHINNAN, M. S.; BRANCH, A. L.; MILLER, J.; MCWATTERS, K. H. Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpea meal. **Journal Food Science**, v. 53, p. 805-809, 1988.
- PHILLIPS, R.D.; MCWATTERS, K.H. Contribution of cowpeas to nutrition and health. **Food Technology**, v. 45, p. 127-130, 1991.
- TAN, P.; HUNG, Y. -C.; MCWATTERS, K. H. Akara (fried cowpea paste) quality as affected by frying/reheating conditions. **Journal of Food Science**, v. 60, p. 1301-1306, 1995.

Antonio Calixto Lima

Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo

Edy Sousa de Brito

Neste capítulo serão abordados outros produtos e aplicações do feijão-caupi. O fato de serem menos conhecidos não diminui a sua importância e possíveis aplicações.

Chips, Tortillas e Snacks

O uso de farinhas na produção de *chips*, *tortillas* e *snacks* é comum nos Estados Unidos da América; e o uso da farinha de caupi nesses produtos vem sendo estudado. A seguir, são descritos alguns desses estudos.

Os resultados obtidos por Kerr et al. (2000) indicam que a moagem do caupi em diferentes tamanhos (0,5, 1,0, e 2,0 mm) e subsequente separação da farinha em diferentes faixas de tamanho tiveram pouco efeito na composição centesimal da farinha, mas apresentaram efeito significativo sobre as propriedades térmicas e funcionais, tais como absorção de água, perda de sólidos e solubilidade da proteína. Em geral, quanto mais finamente moída a farinha de caupi, mais baixa a temperatura de gelatinização, menor a capacidade de se ligar à água e maior o conteúdo de amido extraível. Essas diferenças afetam as características físicas e sensoriais dos *chips* feitos com a farinha. Atributos de cor e textura instrumental foram determinados para *chips* feitos de farinhas de caupi moídas a 0,5 mm, 1,0 mm e 2,0 mm. Em geral, os *chips* produzidos com farinha finamente moída apresentaram

maior conteúdo de amido aparente que os produzidos com farinhas mais grosseiras (KERR et al., 2001).

Tortillas são produtos de panificação preparados com milho ou farinha de trigo. São alimentos estratégicos para muitos países e crescem em popularidade nos Estados Unidos. Os principais ingredientes são farinha, sal, gordura e água. A massa é cozida em panela ou frigideira. Técnicas de modelagem e otimização foram usadas para avaliar a performance de caupi, amendoim e trigo na preparação de *tortillas*. A substituição de farinha de trigo de 0% a 24% por farinha de caupi, de 0% a 46% por farinha de amendoim e suas combinações, resultou em *tortillas* com qualidade similar às aquelas em que se usaram 100% de farinha de trigo. Esses resultados, juntamente com a técnica de modelagem de misturas, são úteis no desenvolvimento de produtos de panificação usando derivados de farinha de fontes nativas, em áreas onde a farinha de trigo não é amplamente disponível (HOLT et al., 1992).

Ward et al. (1995) determinaram características de *snacks* feitos com farinha de caupi, fubá, farinha de trigo e amido de milho. Análise discriminativa foi usada para classificar *snacks* como aceitáveis ou inaceitáveis, com base nas mensurações objetivas de cor e textura. Subseqüentemente, para otimizar a composição de farinha para elaboração de *chips*, seis formulações foram usadas para testar a precisão de funções discriminantes para prever a sua aceitabilidade. *Chips* foram preparados por mistura das farinhas, laminação da massa, moagem, moldagem na forma de bolinhos e fritura. A aceitação dos *chips* pelos consumidores africanos foi muito melhor que pelos americanos. As médias de aceitação geral pelos consumidores americanos, para todas as amostras, variaram de “desgostei muito” a “desgostei ligeiramente”, enquanto, no caso dos consumidores africanos, as médias variaram de “gostei ligeiramente” a “gostei muito”. Os consumidores africanos aceitaram melhor as amostras com as mais altas percentagens de farinha de caupi (11,0% e 22,5%) e conteúdo de farinha de trigo variando de 5,5% a 7,5%. Desses resultados, constatou-se que *chips* feitos com farinha de caupi poderiam ter mercado potencial mais promissor entre africanos do que entre os americanos (WARD et al., 1998).

As mais importantes diferenças no uso de caupi como alimento, entre as pessoas dos trópicos e o resto do mundo, estão relacionadas com as formas físicas nas quais o feijão é usado e nos procedimentos empregados

na preparação. Embora o processamento da farinha de caupi simplifique grandemente o processo de obtenção da massa pela eliminação das etapas de umidificação, despêliculagem e trituração, o produto final não é muito bem aceito pelos consumidores. Baseado nisso, esforços de pesquisa têm levado a um gradual desenvolvimento e adoção de vários métodos de preservação para tornar o caupi disponível o ano todo. Na maioria dos países desenvolvidos, os grãos de caupi são estocados secos, tanto crus como pré-cozidos, enlatados em água, tomate, tempero, em combinação com outros vegetais, ou como constituintes de sopas e saladas. Mesmo que o método tradicional de preparo do caupi seja economicamente mais barato, a esterilização comercial é importante para dar ao caupi uma maior vida de prateleira (PHILLIPS e MCWATTERS, 1991).

Desaleitamento Infantil

Uma das mais importantes aplicações alimentares para a farinha de caupi é indubitavelmente como um ingrediente em alimentos preparados especificamente para desaleitamento de crianças. Esses alimentos não são formulados para substituir o leite materno para recém-nascidos (neonatos), mas, preferencialmente, para suportar ou ajudá-los na transição para alimentos sólidos, exigidos pelo aumento dos requerimentos nutricionais de crianças dos 6 meses aos 18 meses de idade. Aplicações de alimentos para desaleitamento de crianças em países desenvolvidos têm sido objeto de muitas pesquisas desde o final da Segunda Guerra Mundial. Por razões econômicas, geralmente, são usados produtos à base de cereais, mas, freqüentemente, são incluídos legumes para prover complementação de aminoácidos. El-Habashy et al. (1995, 1997) desenvolveram fórmulas adequadas de alimentos para desaleitamento de crianças, entre as populações de baixa renda no Egito. Para produzir as formulações prontas para consumo de crianças em desaleitamento, empregaram-se ingredientes disponíveis nas comunidades locais, através de otimização computadorizada e do cozimento por extrusão de baixo custo. O *Brill Feed Formulation Software*, desenvolvido para planejar a elaboração de formulação de ração animal com custo mínimo, serve igualmente para a formulação de alimentos humanos. Otimizações de formulações de misturas de alimentos para desaleitamento de crianças foram feitas com base em informações sobre o custo dos ingredientes e o perfil nutricional dos ingredientes (composição centesimal

e conteúdo dos nove aminoácidos essenciais especificados pelos padrões da FAO/WHO, 1989). Informações adicionais incluíram: (a) conteúdo total de proteínas; (b) conteúdo total de gordura; (c) valor calórico desejado. As três formulações com menor custo selecionadas foram: Fórmula 1 - 38,5% de farinha de trigo, 19,4% de farinha de caupi, 14,8% de farinha de gergelim, 15% de leite em pó desnatado (LPD), 7,3% de óleo de semente de algodão e 5% de sacarose; Fórmula 2 - 23,3% de farinha de trigo, 35,1% de farinha de caupi, 21,6% de sementes de gergelim, 15% de LPD e 5% de sacarose; Fórmula 3 - 29,9% de farinha de trigo, 35% de farinha de caupi, 16% de farinha de gergelim, 5,25% de LPD, 7,9% de óleo de semente de algodão e 5% de sacarose. Cada fórmula continha aproximadamente 20% de proteína, teores suficientes de aminoácidos essenciais, um teor calórico de 400 kcal/100 g e custo entre 1,11 U\$/ kg e 1,42 U\$/ kg. A mistura de todos os componentes, exceto LPD e sacarose, foi processada em uma extrusora, a 140 °C, com um tempo de residência de, aproximadamente, 30 s. Esse equipamento é adequado para ser usado em vilas de países em desenvolvimento, conforme descrito por Jansen (1992). O perfil dos nutrientes, incluindo gordura, proteína, carboidratos, vitaminas e minerais, foi muito próximo aos padrões da FAO/WHO (1989), o mesmo ocorrendo com o perfil de aminoácidos. O processo de extrusão não afetou a composição dos nutrientes das fórmulas de alimentos para desaleitamento de crianças. Os testes com animais demonstraram que a digestibilidade real das proteínas das fórmulas variou de 85% a 88%.

Em outro estudo, Kluvitse (1999) elaborou duas formulações empregando programa computacional. As formulações foram processadas em escala de planta piloto, usando um total de seis misturas experimentais pré-cozidas. Os ingredientes incorporados nas três formulações foram: milho, caupi, amendoim, soja e óleo de soja. A composição centesimal indicou conteúdos de proteínas e lipídeos de 17,5 g/100 g a 20,0 g/100 g e 7,8 g/100 g a 9,1 g/100 g, respectivamente. As concentrações de cobre, magnésio e zinco foram comparáveis às previstas, mas as de cálcio e ferro foram mais baixas que o esperado. As vitaminas riboflavina, niacina e ácido fólico variaram entre 50% e 80% dos valores previstos pelo software. Essas diferenças poderiam ser devidas às características varietais inerentes ao perfil dos nutrientes das matérias-primas, ou como um resultado do efeito do processamento dessas misturas. Entretanto, uma porção de 100 g de

todos os suplementos fornece, pelo menos, um terço dos requerimentos nutricionais diários de crianças de 6 meses a 10 meses de idade. Objetivando avaliar a qualidade da proteína, dietas contendo 1,6% de nitrogênio foram preparadas a partir dessas formulações para teste de desaleitamento de crianças, empregando-se ratos de 21 a 28 dias de idade, de acordo com o método oficial. Foi obtido um quociente de eficiência protéica (PER) de 2,1 a 2,4, para as dietas quando a caseína foi ajustada para 2,5. A digestibilidade real da proteína dessas formulações variou de 87,4% a 92,1%, enquanto a eficiência líquida da proteína (NPR) variou de 3,0 a 3,3. A NPR da dieta de caseína foi de 3,5. A pontuação de aminoácidos corrigida pela digestibilidade de proteínas (PDCAAS) variou entre 0,73 e 0,83. A lisina foi o fator limitante mais freqüente no perfil de aminoácidos essenciais das formulações.

Uma importante limitação para qualquer produto alimentício é sua aceitabilidade. As fórmulas para desaleitamento foram testadas entre mães de crianças em desaleitamento em áreas residenciais, mercados e centros de saúde maternal e infantil, nos subúrbios das cidades e em áreas rurais na região de Accra, em Gana. Um total de 133 entrevistas particulares e 23 grupos de discussão foram conduzidos. Verificaram-se a conveniência e a atratividade de se obter um alimento para desaleitamento de crianças no comércio local, mas que pudesse ser processado em nível de comunidade. Todas as fórmulas experimentais mostraram boa aceitação, embora os consumidores tenham preferido o sabor das fórmulas comerciais que continham açúcar e aromatizantes. Mais de 90% das mães indicaram boa propensão para usar farinha de caupi pré-cozida na preparação de mingaus e sopas para suplementação das dietas de desaleitamento infantil. Os respondentes indicaram a preferência para farinha de caupi pré-cozida para incorporação em alimentos infantis. Variedades de caupi com película de coloração clara foi preferida por 84,2% das mães na preparação de alimentos infantis, e uma combinação de amendoim e caupi se apresentou ligeiramente mais popular entre as mães quando comparada a um suplemento com soja (PHILLIPS et al., 2003).

Em Gana, duas principais abordagens de alimentos para desaleitamento têm sido investigadas. A primeira foi a obtenção de flocos de caupi, com aceitação semelhante aos cereais matinais. O processo consiste em cozinhar o grão a vapor, decorticar, secar, moer e triturar a farinha, fazer uma pasta

em água, e secar a pasta para produzir os flocos, que têm uma cor marrom clara e sabor bem aceito. O acentuado sabor de feijão tem sido eliminado. Crianças malnutridas têm aceito bem o produto. Os flocos mantêm sua integridade suficiente para serem consumidos como *snacks*, podendo, no futuro, serem fortificados com ferro e vitaminas. Flocos sabor banana foram também elaborados. Flocos de caupi foram preparados e acondicionados em embalagens de 20 g para serem consumidos no Princess Marie Louise Hospital. O trabalho foi executado em conjunto com médicos, nutricionistas e enfermeiras do Hospital. Todas as crianças aceitaram os flocos de caupi e nenhuma demonstrou qualquer indicador adverso nutricional ou de saúde. Conveniência e facilidade de uso foram indicados como vantagens do produto (PHILLIPS et al., 2003).

Um estudo avaliou os efeitos funcionais, antimicrobianos e antidiarréico do produto para desaleitamento à base de milho-caupi fermentado. Nesse estudo a população de lactobacilos aumentou com a fermentação com milho a 100% e no sistema milho-caupi. Os sistemas pareceram eliminar patógenos, enquanto promoveram o crescimento de não-patógenos. O nível de caupi aumentou a população de bactérias. O sistema de fermentação (48 h e 72 h) exibiu propriedades antimicrobianas. A adição de malte pareceu aumentar as propriedades antimicrobianas do fermento de milho e do sistema milho-caupi. Massa de milho fermentada foi misturada com caupi a níveis de 0% a 15%, 10% de malte e em seguida seca. As características destas misturas de alimentos para desaleitamento foram avaliadas. Na formulação de alimentos para desaleitamento, baseados em milho fermentado, caupi e malte, a fonte de malte, concentração de caupi e o método de secagem são críticos na determinação do pH, acidez, e o nível de ácido fítico do produto. Maltes derivados de sorgo e milheto tiveram mais efeitos sobre a viscosidade do alimento. Alimentos para desaleitamento produzidos por secagem solar, também, mostraram baixíssima viscosidade (PHILLIPS et al., 2003).

Outros Produtos

Steamed abolloo é um produto africano feito com milho cozido no vapor, que apresenta grande aceitabilidade. Foram conduzidos experimentos para investigar os efeitos do caupi das variedades Asontem e Ayiyi sobre as propriedades da massa. Uma análise de regressão múltipla foi usada para

desenvolver modelos que pudessem prever índices da massa tais como pH, acidez, capacidade de formação de massa, absorção de água e expansão. Quando a variedade Asontem foi usada para fortificação, o pH da massa foi significativamente afetado pelo tempo de fermentação. Foi observada uma interação significativa entre o nível de fortificação do caupi e tempo de cozimento a vapor. Para a variedade Ayiyi, entretanto, o pH da massa foi afetado somente pelo tempo de fermentação. O nível de utilização do caupi e o cozimento a vapor não afetaram o pH da massa. A acidificação é um importante fator de qualidade na produção de *steamed abolloo*. A variedade de caupi pode influenciar esta propriedade; assim, é importante que o potencial de cada variedade seja avaliado. As características de absorção de água da massa de *steamed abolloo* fortificada mostraram efeitos interessantes. Foi observada uma interação significativa entre o tempo de fermentação, o tempo de cozimento a vapor e o nível de fortificação (PHILLIPS et al., 2003).

Quatro *abolloos* fortificados com caupi da variedade Asontem foram preparados e usados por um grupo de avaliação de qualidade de produto. Os produtos elaborados com 100% de milho foram avaliados melhor que aqueles com caupi, visto que não apresentaram nenhum sabor ou aroma de feijão. O segundo melhor produto foi o que continha 20% de caupi cozido a vapor por 7,5 min. Produtos contendo 10% de caupi cozidos a vapor por 7,5 min e 20% de caupi não-cozidos a vapor apresentaram o pior desempenho com respeito ao sabor, visto que apresentaram sabor e aroma de feijão. Parece que o processo de cozimento a vapor reduz o sabor de feijão no *abolloo* fortificado, de modo que acima do nível de 20% de caupi cozido o sabor de feijão não foi detectado pelos consumidores. O cozimento a vapor tem sido usado para reduzir o sabor de feijão em proteína de soja (KINSELLA, 1978). Os provadores não puderam detectar diferenças na cor dos produtos. Então, acima do nível de 20% de substituição com caupi despelucado, a cor do *abolloo* não foi afetada.

A presença de caupi contribuiu significativamente para a textura do produto. Asontem tem boas propriedades de espuma. Observou-se que durante a preparação, a massa que continha caupi expandiu-se mais do que as que não o continham. Produtos contendo caupi foram considerados melhores do que os que não o continham. A textura do produto com caupi não-cozido a 20% foi julgada a melhor, principalmente devido à presença de

espaços de ar, que produziram uma desejável textura esponjosa no produto. O produto com 20% de feijão cozido a vapor foi avaliado melhor do que o que continha 10%. O produto com 100% de milho recebeu a pior avaliação. Isso demonstra a influência do cozimento a vapor e o conteúdo de caupi na textura dos produtos. O produto contendo 10% de caupi apresentou-se túrgido, o que pode ser atribuído à presença do caupi no produto. Isto demonstrou a importância da textura no desenvolvimento de novos produtos de *steamed abollo*. Foi concluído que a substituição por caupi contribuiu para a textura do produto final, mas que em excesso se apresentou desfavorável para a aceitabilidade do produto. O cozimento a vapor pode, também, reduzir o “sabor de feijão” do produto final, embora possa afetar a textura do produto (PHILLIPS et al., 2003).

Diversas técnicas têm sido desenvolvidas para modificar o caupi de modo a torná-lo mais prontamente utilizável na fortificação tradicional. Alimentos de Gana têm sido investigados. A fermentação do caupi juntamente com milho e a adição de caupi ao milho fermentado parecem ser promissoras. O uso de variedades de caupi populares em Gana, Amantin e Bengpla para fortificar *abollo* cozido a vapor, *maasa* e *hausa koko* foi estudado com a ajuda de mulheres processadoras. Outros alimentos tradicionais foram investigados para fortificação, incluindo *komi* (*Ga kenkey*) e massa de milho. A produção e o uso de farinha composta, baseada em *cocoyam* e caupi, foram pesquisados. Com *hausa koko*, a adição de caupi, de modo geral, aumentou o pH com concomitante supressão da produção de ácido. O modo de adicionar caupi tem um efeito sobre a produção de ácido. A fermentação da massa de *hausa koko* com caupi promoveu a produção ácida. Os efeitos do caupi foram afetados pela variedade. A variedade Amantin suprimiu a produção de ácidos durante a fermentação quando comparada com a Bengpla. Consumidores puderam detectar diferenças na cor, entretanto, diferenças no sabor, aroma, gosto e aceitação geral não foram detectadas (PHILLIPS et al., 2003).

Considerações Finais

De maneira geral, pode-se observar o grande número de possibilidades que se tem para o preparo de produtos a partir do caupi. Quando da preparação desse capítulo, seus autores tiveram dificuldade para encontrar trabalhos realizados no Brasil. Espera-se, pelo exposto acima, que o interesse dos pesquisadores por essa matéria-prima aumente.

Referências

- EI-HABASHY, M.; PHILLIPS, R. D.; EITENMILLER, R. R. Computer optimization of weaning food formulas. **Journal of Food Quality**, v. 18, p. 295-312, 1995.
- EI-HABASHY, M.; PHILLIPS, R. D.; EITENMILLER, R. R.; MOSTAFA, M. M.; RAHMA, A.; EL-BEDAIWY, A. Protein quality assessment of computer optimized weaning formulas. **Journal of Food Quality**, v. 20, p. 267-277, 1997.
- FAO/WHO. **Protein quality evaluation report of a joint FAO/WHO expert consultation held in Bethesda, Rome, 1989.**
- HOLT, S. D.; RESURRECCION, A. V. A.; MCWATTERS, K. H. Formulation, evaluation and optimization of tortillas containing wheat, cowpea and peanut flours using mixture response surface methodology. **Journal Food Science**, v. 57, p. 121-127, 1992.
- JANSEN, G. R. Centrally processed weaning foods for use in developing countries. **Food Reviews International**, v. 8, p. 307-345, 1992.
- KERR, W. L.; WARD, C. D. W.; MCWATTERS, K. H.; RESURRECCION, A. V. A. Effect of milling and particle size on functionality and physico-chemical properties of cowpea flour. **Cereal Chemistry**, v. 77, p. 213-219, 2000.
- KERR, W. L.; WARD, C. D. W.; MCWATTERS, K. H.; RESURRECCION, A. V. A. Milling and particle size of cowpea flour and snack chip quality. **Food Research International**, v. 34, p. 39-45, 2001.
- KINSELLA, J. E. Texturized proteins: fabrication, flavoring, and nutrition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.10, p. 147-207, 1978.
- KLUVITSE, Y. M. **Nutritional, physicochemical, and sensory evaluation of extrusion-cooked cereal/legume weaning formulations.** 1999. 162 f. Tese (Doutorado)-University of Georgia, Athens.
- PHILLIPS, R. D.; MCWATTERS, K. H. Contribution of cowpeas to nutrition and health. **Food Technology**, v. 45, p. 127-130, 1991.
- PHILLIPS R. D.; MCWATTERS, K. H.; CHINNAN, M. S. Utilization of cowpeas for human food. **Field Crops Research**, v. 82, p. 193-213, 2003.
- WARD, C. D. W.; RESURRECCION, A. V. A.; MCWATTERS, K. H. A systematic approach to prediction of snack chip acceptability utilizing discriminant functions based on instrumental measurements. **Journal of Sensory Studies**, v. 10, p. 181-201, 1995.
- WARD, C. D. W.; RESURRECCION, A. V. A.; MCWATTERS, K. H. Comparison of acceptance of snack chips containing cornmeal, wheat flour and cowpea meal by US and West African consumers. **Food Quality and Preference**, v. 9, p. 327-332, 1998.



Agroindústria Tropical

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

